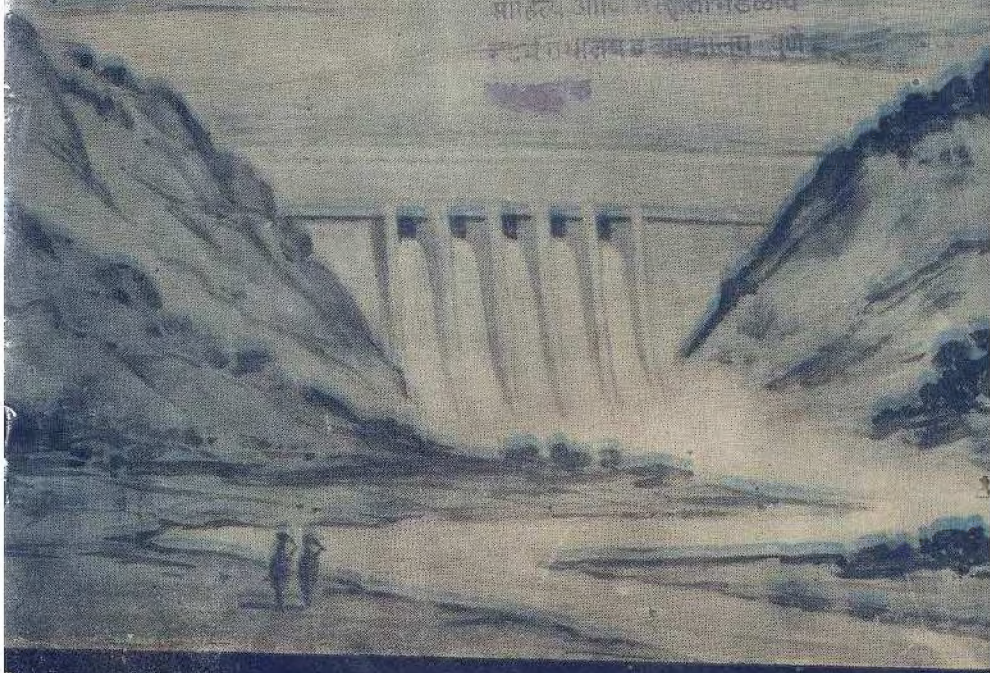


बंधाच्या स्थापत्यशास्त्र

ख्रिस्तवासी - बुडल्यम पी. कीपर, ख्रिस्तवासी - जोअेल जी. जस्टीन
आणि जूलियन हाइड्स

साहेब आणि संस्कृती मंडळ

महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ, मुंबई



खंड पहिला : सामान्य संकल्पचित्र

अनुवाद-

विनायक हरी केळकर



महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ, मुंबई.

बंधान्याचे स्थापत्यशास्त्र

ख्रिस्तवासी- वुड्ल्यम पी. क्रीपर
ख्रिस्तवासी- जोअेल जी. जस्टिन

आणि

जूलियन् हाइड्स

खंड पहिला : सामान्य संकल्पचित्र

अनुवाद—

विनायक हरी केळकर



महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ, मुंबई.

प्रथमावृत्ती - फेब्रुवारी १९८८



प्रकाशक -

सचिव,

महाराष्ट्र राज्य साहित्य

आणि संस्कृती मंडळ,

नवीन प्रशासन भवन,

मुंबई ४०० ०३२.



© प्रकाशकाधीन



मुद्रक -

श्री. प. म. महाबळ

प्रॉन्ट सव्हिस

६५६, गणपती पेठ,

सांगली - ४१६ ४१६.



किंमत रु. **Rs 75 = 00**

निवेदन

“ बंधा-याचे स्थापत्यशास्त्र ” हे श्री. वि. ह. केळकर यांचे पुस्तक प्रसिद्ध करण्यास मंडळास आनंद होत आहे.

४२, यशोधन,
मुंबई-४०० ०२०,
दि. १ डिसेंबर, १९८६

सुरेंद्र बारालिंगे
अध्यक्ष,
महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ

अनुक्रमणिका

खंड पहिला

प्रकरण १

धरणाच्या जागांचे अन्वेषन

१	सामान्य चर्चा	१
२	अन्वेषणाची व्याप्ती	१
३	प्रारंभिक सर्वेक्षण	३
४	प्राथमिक अन्वेषन	४
५	अंतिम अन्वेषन	५
६	बंधाऱ्याच्या अंतिम जागेची निवड	७
७	प्रदेश वर्णनात्मक नकाशे व हवाई मानचित्रण	८
८	वायु प्रक्षेपण पद्धति	९
९	मलिटप्लेक्स नकाशे तयार करण्यासाठी उपकरणे	११
१०	मलिटप्लेक्स नान चित्रणाकरिता लागणारे स्थूल नियंत्रण	११
११	मलिटप्लेक्स आलेखन	११
१२	मलिटप्लेक्स आलेखाचे तुलनात्मक मूल्य	१२
१३	हवाई प्रदेश वर्णनात्मक नकाशांचा उपयोग	१४
१४	स्थल नकाशे	१५
१५	भू तत्वीय अन्वेषण	१५
१६	निम्नपृष्ठ-समन्वेषण	१८
१७	निम्नपृष्ठ समन्वेषण-पद्धति	१८
१८	विद्युत् प्रतिरोधकता व कूकपीय पूर्वक्षण पद्धति	१९
१९	परीक्षा - गती	२०
२०	धारा वेधन	२१
		२३

३१	मथनावेधन	२४
३२	अधिभारामधून परिभ्रामि वेधन	२५
३३	अधिभाराचे बिनछडा नमुन घेणे	२६
३४	चिकणमाती व गाळमाती यांचे चालन - नमुने घेणे	२७
३५	चिकणमाती व गाळ माती यांची नमुना यंत्रे	२८
३६	नमुने घेताना मातीची खराबी होऊ न देणे	२८
३७	क्लीन-आउट क्रमा व कॅलिकस	३१
३८	लहान व्यासाचे नमुना यंत्र	३३
३९	मोठ्या व्यासाच्या नमुनायंत्राकरिता पातळ पत्र्याच्या पोलादी नलिका	३५
४०	मोठ्या आकाराचे दट्ट्याप्रकाराचे नमुना यंत्र	३८
४१	नमुना यंत्र जलद व न थांबता ठकलण्याचे महत्त्व	४०
४२	नमुना यंत्राच्या उपयोगाचे वर्णन	४२
४३	आसंगहीन द्रव्यांचे नमुने घेणे	४३
४४	आसंगहीन द्रव्यांचे नमुने घेण्याची Falguist पद्धति	४६
४५	Falguist नमुना तंत्र वापरण्याची रीत	४७
४६	हीरावेधन	४९
४७	हीरावेधन यंत्र	४९
४८	हीरा वेधनाची सुधारलेली कार्यक्षमता	४९
४९	गाभ्याचा व वेधनाचा आकार	४९
४०	वेधनातून अचूक माहिती मिळविण्याचे महत्त्व	५०
४१	मोठ्या आकाराची वेधने	५१
४२	गाभे आणि नमुन्यांची देखभाल	५२
४३	अभिलेखांची नोंद	५२
४४	दाब परीक्षा साधन	५३
४५	दाब - परीक्षा - साधन वापरण्याची पद्धति	५४
४६	वेधन छिद्रांची पारदर्शीय व स्पर्शक तपासणी	५५
४७	द्रव्यांची उपयुक्तता ठरविण्याची डोबळ पद्धति	५५
४८	संदर्भ ग्रंथांची यादी	५८

प्रकरण २

धरणांच्या प्रकारांची निवड

१ सामान्य रचना	६०
२ भरीव भारश्रित क्राँकीटचे धरण	६१
३ पोकळ भारश्रित क्राँकीटचे धरण	६२
४ कमानदार क्राँकीटचे धरण	६३
५ भरीव मातीचा बंधारा	६४
६ लाकडाचे बंधारे	६५
७ पोलादी बंधारा	६५
८ इतर प्रकारचे बंधारे	६५

प्रकरण ३

पायाची पूर्व तयारी व त्यांचे संरक्षण

१) अनुच्छेद लेख- सर्वसाधारण विचार	
१) व्याप्ति	२) सामान्य विचार
	६६
२) अनुच्छेद लेख- खडकांतील पायावरील उपचार	
३) खडकांतील पायाचा अंतिम पृष्ठ जल	६७
४) पायाच्या खडकांतील दोषावरील उपचार	७०
५) खडकांच्या पायातील गळती	७१
६) शैल्युक्त पायातील गाराभराई	७२
७) दृढीकरण गाराभराई	८०
८) खडकांच्या पायातील निःसारण	८१
९) शैल्युक्त पायाच्या चवड्याचे संरक्षण	८१

अनुच्छेद लेख क्र. ३ मातीतील पायावरील उपचार

१० सामान्य विचार	८२
११ मातीतील पायाची धारणाशक्ति	८३
१२ भारवाही स्थूणा	८३
१३ मातीच्या पायावरील स्थलन	८४
१४ प्रवाह-जाल	८५
१५ मातीच्या पायामधून होणारे झिरपण	८९
१६ नीरक्रिया	९२
१७ उत्क्षेप	९६
१८ सर्पण रेषा	९८
१९ मातीच्या पायांकरता शिफारस केलेले संकल्प चित्र	१०२
२० अपर-प्रवाही-अंचल	१०५
२१ मातीच्या धरणातील काटबांध	१०६
२२ मातीच्या धरणातील जल निःसारण नाल्या	१०७
२३ अनुप्रवाही-अंचल	११०
२४ अनुप्रवाही-काटबांध	११०
२५ द्रव दाबमापी-(पिझामीटर्स)	११०

अनुच्छेद लेख क्र. ४ सांडव्याखालील अपक्षरणाचे नियंत्रण

२६ अपक्षरणाची कारणे	१११
२७ सांडव्याची प्रतिमातीय चाचणी	११२
२८ जलोच्छाल	११४
२९ अपक्षर-नियंत्रणाच्या सामान्य गरजा	११२
३० वेगभजक स्तंभ	११९
३१ उतरते अंचल	१२१
३२ उदग्र-द्रोणि	१२३
३३ चापाकृति धरणे	१२४
३४ खुजी धरणे	१२५
३५ अंतर्देहल्या	१२७
३६ वेगभजक स्थनावरील निर्वात स्थिती	१२८
३७ धाराविक्षेपक व शमन कुंडे	
३८ अंचला खालील उत्क्षेप	
३९ प्रतिगमण ()	

प्रकरण ४ थे

द्वितीय प्रतिमान चित्राचा अभ्यास

- १ प्रस्तावना
- २ समरूपतेच्या आवश्यक गरजांचा विचार
- ३ समरूपतेची अभिलक्षणे
- ४ द्रव प्रवाहांचे प्रकार
- ५ अंकाचे महत्त्व
- ६ अंकाचे महत्त्व
- ७ प्रतिमान चित्र चाचणीतील रुक्षतागुणांक
- ८ द्वितीय अनुरूपतेची उदाहरणे
- ९ संदर्भ ग्रंथांची यादी

प्रकरण ५ वे

पुरांचे प्रवाह

१- पुरांचे उच्चांक

- १ सामान्य विचार
- २ अतुच्छ प्रवाह सामान्य विचार
- ३ जात असलेले अतुच्छ पूर
- ४ भौतिक लक्षणाची तुलना
पुरांच्या वारंवारतेचा अभ्यास २२५
- ५ पुरांच्या वारंवारतेच्या अभ्यासातील अंगभूत दोष २३१
- ६ विचरण गुणांकांची तुलना २३७
- ७ गतकाळातील पुरांची भौतिक लक्षणे २३८
- ८ पूर सूत्रे २४०
- ९ भविष्यकाळातील संभाव्य अधिकतम पूर २४३
- १० २४४

२- पुरांचे जलालेख

अ- मूलभूत द्रवचलित विश्लेषण

११ सामान्य विवेचन	२४५
-------------------	-----

ब- पर्जन्याचे विश्लेषण

१२ सामूहिक पर्जन्यवक्र	२४७
१३ समवृष्टि लेखाचित्र	२५१

क- अन्तःसरण

१४ सामान्य तिरूपण	२५१
१५ प्रारंभिक हानि	२५३
१६ झिनपण सूचकांक	२५४

ड- अपवाहाचे (रेजिमेन) क्षेत्र

१७ सामान्य विचार	२५७
१८ नैसर्गिक जलालेखाचे पोट विभाग	२५७
१९ सामान्य अप्रबल वक्र	२५९
२० भूमिगत जलक्षया वक्र	२६०
२१ जलालेखाचे पोटविभाग	२६०

इ- एकांकी जलालेख

२२ सामान्य विवरण	२६२
२३ पृथक एकांकी वादळाचे एकांकी जलालेख	२६५
२४ मोठ्या पुरांच्या अभिलेखावरून तयार केलेले जलालेख	२६८
२५ संश्लेषारात्यक एकांकी जलालेख - सामान्य चर्चा	२६९
२६ स्नायडर्सचे संश्लेषी एकांकी जलालेखांचे परस्पर संबंध	२७०
२७ एकांकी जलालेखाचा अधिकतम प्रस्त्राव विरुद्ध निस- सरण क्षेत्र	२७२
२८ अत्युच्च बिंदूजवळ अपवाहाचे संकेंद्रण	२७२
२९ S च्या आकाराचे वक्र जलालेख	२७२
३० संश्लोषणात्मक एकांकी जलालेखांच्या संगतणाचा सारांश	२८२

३१	एकांकी जललेखांच्या सभायोजन	२८३
३२	मोठ्या आणि लहान पुराच्या जललेखांवरून तयार केलेल्या एकांकी जललेखांची तुलना	२८५
३३	संकलित पुराच्या संगणन करणाकरता एकांकी जललेखांची निवड	२८९
३४	जलाशयातील अंतःप्रवाहाचा एकांकी जललेख (फ सांड्यातील संकलित वादळे)	२९०
३५	सामान्य विचार	२९४
३६	बर्फ विरहित ऋतुकाळीन संकलित वादळाचा ठोकळ अंदाज	२९६
३७	पद्धत १ सर्वोच्च अधिकतम पर्जन्य खोली कालावधी संबंधी आधार सामग्री व पर्जन्याची अतिरिक्तता	२९९
३८	पद्धत- २ सर्वोच्च अतिरिक्तता वादळाचे स्थानांतरण व पर्जन्याच्या आधिकाचे अंदाज	३०२
३९	पद्धत - ३ परिवर्तित वापळांचे स्थानांतरण पर्जन्याच्या आधिकाचा अंदाज	३०४
४०	वितळलेल्या बर्फाची पुराच्या प्रवाहास मदत	३०७
४१	भू पृष्ठाची स्थिती	३०८
४२	हिमाच्छादनाचे जलतुल्य	३०८
४३	हिमाच्छादनातील मुक्त जल	३०९
४४	वितळणामुळे पाणी मुक्त होण्याचे प्रमाण सामान्य विचार	३०९
४५	हवेतून होणारे ऊषातेचे स्थानांतरण	३१०
४६	पावसामुळे बर्फाचे वितळणे	३१३
४७	उष्णता- स्थानांतर विवरक सूत्रांनी काढलेले बर्फ वितळण्याचे अंदाज	३१४
४८	अंश-दिन पद्धतीने प्राप्त केलेले हिम वितळणाचे अंदाज	३१६
४९	हिम वितळण व पर्जन्य यांचा जोड समवृष्टी अभिलेख जी-उत्प्लवमार्गाची आवश्यक क्षमता	३१६
५०	गृहीत जललेख	३१७
५१	जललेखांच्या संगणनाची रूपरेखा	३१८
५२	जलाशयातील पूरमार्ग निघारणाचे संगणन	३२३
५३	पुराच्या सुरुवातीची जलाशयाची अवस्था	३२३

५४	नियंत्रक जलद्वारांतून जाणारा प्रसाव	३२५
५५	जलाशयांतील पूर्वभाग निर्धारण पद्धति	३२५
५६	पूर्वभाग निर्धारणाच्या संग्रहणाचा नमुना	३२७
५७	पूर्वभाग निर्धारणाच्या निष्कर्षाची आलेखीय मांडणी	३३१
५८	मुक्त बांध	३३३
५९	सुरक्षा मर्यादा-सामान्य विचार	३३३
६०	अधिभारित जल संचय व सांडव्यावरील प्रस्त्राव निःसारण यांचा अत्योन्य संबंध	३३५
६१	मुक्त बांध सदलत	३३६
६२	उत्पलवांच्या अभि कल्पनांतील अचूकता - पुरांचे अंदाज	३३७
६३	सुरक्षा मर्यादा- सारांश	३३९
६४	उत्पलवी संकल्पन पूर जललेखाची निवड संदर्भ ग्रंथ	३३९
६५	सामान्य	३४०

प्रकरण ६

सांडवे (उत्पलव मार्ग)

१	प्रवणिका (Chaule) सांडवा	३४४
२	पाववे पात्री उत्पलव - मार्ग सांडवे	३५८
३	कूप (उत्पलव मार्ग) सांडवा	३७३
४	आपति उत्पलव मार्ग	३९५

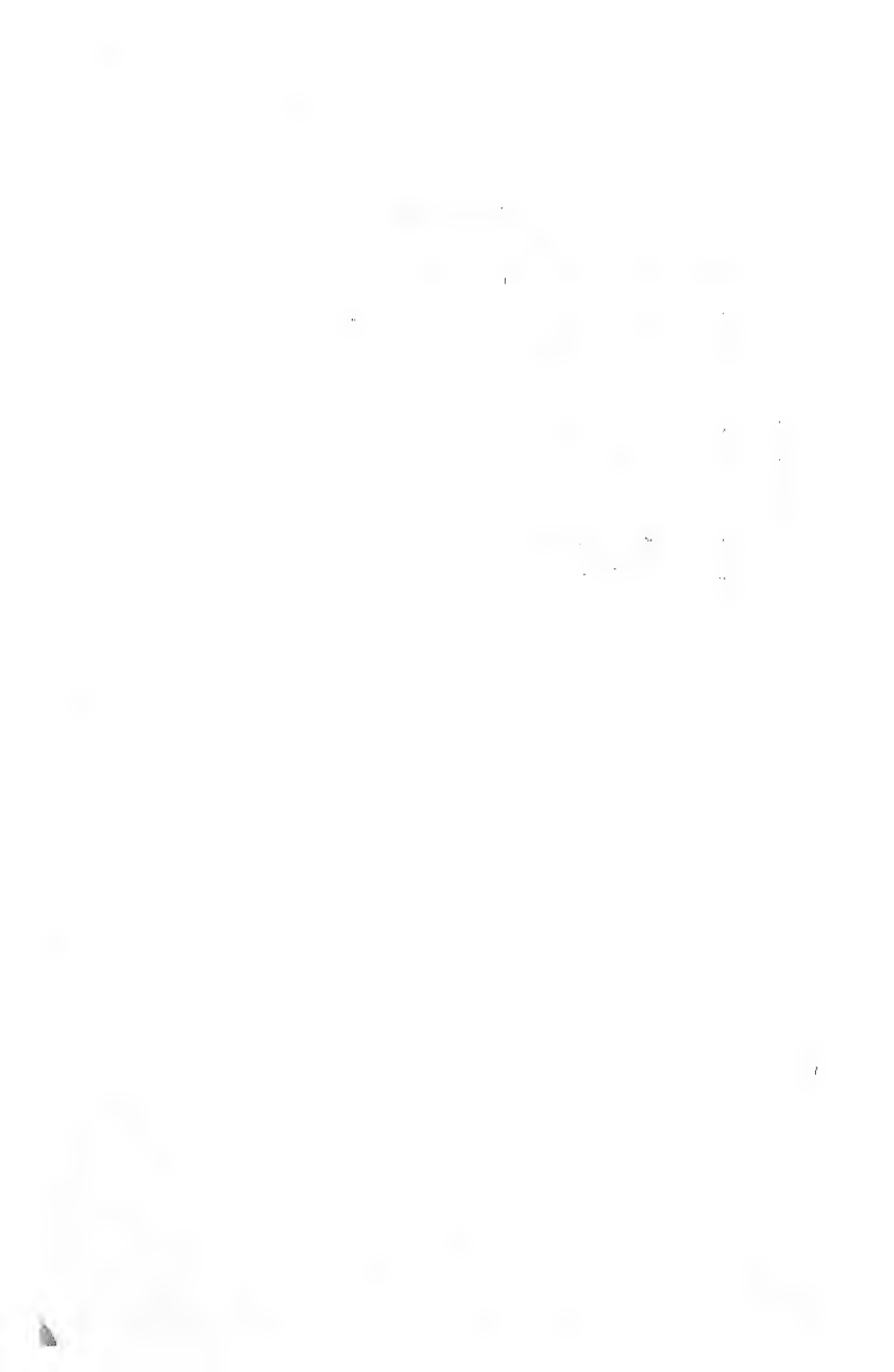
खंड २ रा

प्रकरण ७

- ७ धरणां वर लागू होणारी कृतिशील
- ८ भाराश्रित धरणांच्या स्थैर्यकरता आवश्यक असणाऱ्या गरजा
- ९ भाराश्रित धरणांच्या अभि कल्पनेची सामान्य काय-पद्धति
- १० मारीव भाराश्रित अपरिवाही धरणांचा (Doing) अभि कल्पना
- ११ मारीव सांडव्यांच्या भाराश्रित धरणांची अभि कल्पना
- १२ भाराश्रित धरणांतील अंत प्रीतिबल आणि प्रतिबल संकेंद्रण
- १३ मानदार धरणे
- १४ टेकूची (Buttce) कांकीट धरणे
- १५ कांकीटच्या धरणातील कांकीट

खंड ३ रा

- १६ मातीची परीक्षा आणि त्यांचा उपयोग
- १७ मातीची धरणे — अभि कल्पनेची सामान्य तत्त्वे
- १८ मातीच्या धरणांचे स्वैर्य
- १९ मातीच्या धरणांचे तपशील
- २० अश्मस्थापित धरणे
- २१ पोलादी धरणे
- २२ लाकडी धरणे
- २३ तपशील आणि उप साधने
- २४ शीघ्र जल नियंत्रण



प्रकरण १ ले

धरणांच्या जागांचे अन्वेषण

१. सामान्य चर्चा

एकाद्या धरणाचे संकल्पनिष्ठ व त्यानुसार प्रत्यक्ष बांधकाम सुरू करण्यापूर्वी एकादी अत्यंत सोयीची व सर्वांत कमी खर्चाची जागा निश्चित करावी लागते. त्यासाठी तेथील परिपूर्ण अन्वेषण करणे आवश्यक असते. अशा अन्वेषणात तेथील प्रदेशवर्णन (Topography) व उपपृष्ठ अन्वेषणाचाही अस्तभाव होतो. पायांत मिळणाऱ्या द्रव्यांची (माती, मुरुम, खडक वगैरेंची) योग्यप्रकारे चाचणी करावी लागते आणि ज्या द्रव्यांचा (माती, डवर वगैरेंचा) उपयोग धरणात करावयाचा आहे त्यांच्या उपयुक्ततेचीही तपासणी करणे आवश्यक असते. पायातील द्रव्यांचे व ज्या द्रव्यांचे धरण बांधावयाचे असते त्यांची काळजीपूर्वक चाचणी करून काढलेल्या निष्कर्षांचा सध्याक अभ्यास करावा लागतो; व त्यांचे महत्त्व काय आहे याची खात्री करून घ्यावी लागते. यासंबंधी अधिक चर्चा १० व्या प्रकरणात केली आहे.

२. अन्वेषणाची व्याप्ति

एकाद्या प्रकल्पातील धरणाच्या जागेची किती बारकाईने तपासणी करावयाची हे काहीसे त्या प्रकल्पाच्या आकारमानावर व काहीसे त्या ठिकाणच्या उप-पृष्ठाच्या अवस्थेवर अवलंबून असते. उदाहरणार्थ, एकाद्या ठिकाणी जर ग्रॅनाइट-गारवा कठीण दगड पाण्याने उघडा पडून बरच्यावरच आढळला तर अशा ठिकाणी अन्वेषणाकरिता वेळ व पैसा पुष्कळ कमी लागेल. परंतु, दुसऱ्या ठिकाणी, एकाद्या नदीघाटीत सात्रलेल्या खोल अधिभाराखाली स्तरमय व दुमडलेला खडक जर आढळला व त्याच्या गुणाबद्दल काहीच माहिती उपलब्ध नसली तर अशा जागेचे अन्वेषण करण्यास पुष्कळच वेळ व पैसा लागेल हे उघड आहे. तसेच एकाद्या गिऱ्याचा अपवाही बांधाकरिता जे अन्वेषण करावे लागेल ते मातीच्या अगर् दगडी बांधाऱ्याच्या मानाने पुष्कळच कमी लागेल. एकादे खाजगी धरण त्याच्या मालकाला बांधावयाचे असेल तर, पुष्कळ वेळा, तो, प्रत्यक्ष बांधकाम करण्यापूर्वी, अशातऱ्हेच्या अन्वेषणाचा खर्च सोसण्यास

तयार नसली परिणामतः अपरिपूर्ण अन्वेषणामुळे अशा बांधकामाच्या अंतिम खर्चात खूपच वाढ होते.

३. प्रारंभिक सर्वेक्षण

सखोल, महत्त्वपूर्ण सर्वेक्षण करण्यापूर्वी पुष्कळसे सामान्य परीक्षण करणे व खर्चाचा साधारण अंदाज तयार करणे अगत्याचे असते. तज्ज्ञांच्या दृष्टीने, प्रत्यक्ष जागेवर जाऊन सखोल अभ्यास करण्यापूर्वी धरणाच्या उपयोगी किती जागा उपलब्ध होऊ शकतील याचा साधारण अंदाज घेणे जरूरीचे असते. उदाहरणार्थ, जर बीजनिर्मितीचा प्रकल्प असेल तर त्याकरिता किती जळणीस मिळेल याची साधारण कल्पना असणे उपयुक्त होईल. या उलट, जर प्रकल्प पिण्याच्या पाण्यासाठी किंवा पुरविसंववणासाठी तयार करावयाचा असेल तर तळावाची किती एकर फूट क्षमता मिळेल याचा अंदाज असणे उपयुक्त ठरेल.

या प्रारंभिक अन्वेषणात तज्ज्ञांच्या धरणाच्या निरनिराळ्या संभाव्य जागी मांडव्यासाठी पुरेजी जागा मिळू शकेल की नाही हेही समजणे जरूरीचे असते. केवळ एकाद्या जागी बरी अरंद आहे म्हणून काटकसरीची आहे व ती साह्य होईल असे मानणे चुकीचे होईल. कारण, जर त्या ठिकाणी मांडवा बांधण्यासाठी लावणारी लांबी पुरेजी उपलब्ध होत नसेल तर ती जागा धरणाकरिता योग्य आहे असे मानता येणार नाही कारण त्या ठिकाणी मांडवा बांधण्यास खर्च फार येईल. प्रारंभिक अन्वेषणाचे वेळी धरणासाठी जितक्या सोयीस्कर जागा आढळतील तितक्या सर्व जागांची माहिती मिळविणे इष्ट असते. मात्र यावेळी त्या सर्व जागांसंबंधी उपपृष्ठ समन्वेषणाची तितकीशी जरूरी नसते. परंतु अशा जागांचे सर्वांतुष्ट नकाशे मिळविणे जरूरीचे असते. पुष्कळ ठिकाणी असे सरकारी, प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे उपलब्ध असतात. आणि हे नकाशे तज्ज्ञांना सामान्य निरीक्षणाचे वेळी अत्यंत उपयोगी पडतात. निर्देववायुभारमापक यंत्र, ह्यातद्विषण, खोबंडी टेप व कॅमेऱ्यासारखी साधने वापरणे जरूरीचे व उपयुक्त असते.

ज्या जागी धरण बांधणे शक्य आहे अशा सर्व जागांची माहिती प्रारंभिक सर्वेक्षणात गोळा करणे जरूरीचे असते हे उघड आहे. कारण, या माहितीवरून तज्ज्ञांनी तुलनात्मकदृष्ट्या थोडासा अभ्यास केला तरी त्यांना काही जागा सोडून बाकीच्या केव्हाही बगळता येतात.

४. प्राथमिक अन्वेषण

प्राथमिक अन्वेषणासाठी खालील बाबींची माहिती असणे आवश्यक असते —

- (अ) जागेचे स्थूल मानाने Stadia पद्धतीने सर्वेक्षण करून त्यावरून तयार केलेले प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे.
- (आ) त्या ठिकाणच्या अधिभागासंबंधीची काही माहिती.
- (इ) पायाच्या जागेच्या वैशिष्ट्यांनुसार व प्रकल्पाच्या आकाराचा प्रमाणे साधारणपणे ६ ते ५० इतकी वेधने.
- (ई) प्रारंभिक भूतत्वाचे अन्वेषण व त्याचा अहवाल.
- (उ) बांधकामाच्या लागणाऱ्या, माती, मृत्त, दगड, लडी वर्गरे यांनाचे परीक्षण करून उपयुक्त माल किती मिळू शकेल याचा अंदाज.
- (ऊ) रस्ते, आगगाड्यांचे मार्ग, दुरध्वनी व तारवाद्यांचे मार्ग, पाण्याचे नळे आणि वीजगृहे अशा लोकांपयोगी बाबींचा धरणांमुळे जर अडथळा येणार असेल तर त्यासंबंधी अभ्यास.
- (ए) बरील गोष्टींच्या पुनर्रचणेशाठी धरणांच्या बरीवाटीतील सर्व उपयुक्त जागांच्या भूचरनेच्या माहितीचा शिन्चूक नकाशा तयार असणे अत्यावश्यक.
- (ऐ) जलविज्ञानासंबंधी अभ्यास.
- (ओ) नाल्यातील पूररेषांची तपासणी व त्यायोगे माहपाण्याच्या कार्यक्षमतेची निश्चिती.

ही प्राथमिक माहिती गोळा करण्याचा उद्देश हाच की, तिच्यावरून कार्यालयीनच तिचा अभ्यास करून खर्चाचा अंदाज काढता येतो; आणि अशा माहितीच्या सहाय्याने तपासलेल्या अनेक जागातून जास्तीत जास्त सोयीस्कर व कमीत कमी खर्चाची जागा कायम करता येते.

धरणाच्या जागा सर्वसाधारणपणे ठरविण्याचे वेळी एका महत्त्वाच्या गोष्टीचा विचार करणे अगत्याचे असते आणि ती म्हणजे असा नाल्यावर असे धरण बांधावयाचे त्याच्या पाणबऱ्यातून माती किती प्रमाणात वाहून येते ही होय. काही नाल्यातील पाण्याबरोबर माती इतकी वाहून येते की काही वर्षांतच तलाबत त्या मातीचा मोठा थर साचतो; व पाणी साठविण्याची त्याची क्षमता

अनिष्टात तमी होते. या दृष्टीने बरील निरीक्षणांचे महत्त्व आहे. ही माती जवळपास वाहेर वाहून जावी म्हणून धरणाच्या बांधकामात, मुद्दाम काही हारे विविध पातळीवर ठेविली जातात. वस्तु अशा शाराची कावेसमता कारणी विमल घेत नाही. फक्त वेधाच्याच्या लागून अवलेली माती तेवढी थोड्या प्रमाणात वाहून जाते. पण त्याच्या लयावाच्या शमतेवर कायदा परिणाम होत नाही. अशा नात्यात पाणी कमी वेगाने जाते व त्या पाण्याच्या प्रवाहातून वाहून येत अवलेली माती केवळ धरणाच्या जवळपासच साठवून रहात नाही तर बाजूस ताऱ्याच्या फाट्याही ती साचून रहाते. त्याचा परिणाम म्हणजे जवळपासची बरील मातीचा पाव माती साचून कित्येक मैलपर्यंत असून जाते. अशा वाहून येणाऱ्या मातीचे प्रमाण काही नात्यात अगदी दुनेस करण्याइनके कमी असते. तर काहीत ते मूमारे दर दशलक्ष भागात गात हजार भाग इतके जास्त असू शकते. मिमिनिपी नदीत, सेंट लुईस येथे ते दर दशलक्ष भागात पंधराशे इतके आहे. यातून असे शुष्क मातीने वजनाचे प्रमाण दर लिटर पाण्यास १५ मिली-ग्रॅम किंवा दर पौड पाण्यास .००१५ पौड आहे.

दक्षिण कॉन्फॉर्नियात १९३८ साली जातेच्या पुरात, अशा मातीच्या थराचे प्रमाण १०० चौ. मैलाच्या परिमारात दर चौ. मैलात जास्वीत जास्त ६० हजार घन याडे व ५० चौ. मैलात ७० हजार घन याडे इतके जास्त होते.

५. अंतिम अन्वेषण

पृष्कळणा जागांचे, प्रथम, प्राथमिक अन्वेषण करावे व नंतर त्यासंबंधी अधिक अभ्यास करावा व त्या आधारे निरनिराळ्या जागी येणाऱ्या सत्तांचे अंदाज तयार करावेत. नंतर अशा अंदाज जागांतून एक जागा अंतिम अन्वेषणाकरिता निवडावी. या जागेचे सर्वेक्षण करावे व त्यावरून तयार केलेले प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे शक्य तितके बिनचूक असावेत म्हणजे त्याचा उपयोग प्रत्यक्ष बांधकामाकरिता करता येतो. तसेच जरूर ती वेधने, जांचगती, उपपृष्ठ समन्वेषण, भुशास्त्रीय अभ्यास, प्रायातील दगड, माती थारेची तत्वातून मिळविलेली माहिती व बांधकामात वापरण्यात येणाऱ्या खाणीतील उपलब्ध असलेल्या मातीच्या तपासणीची माहिती एकत्र करावी.

अशा तऱ्हेच्या अंतिम अन्वेषणातून तज्ज्ञाचा जरूर ती माहिती धरणाचे संकल्पित चित्र तयार करण्यास उपलब्ध झाली पाहिजे व त्यावरून त्याच्या बांधकामाचे अंदाजपत्रकही तयार करणे शक्य झाले पाहिजे व अशा अंदाज-

पत्रकाच्या सहाय्याने प्रत्यक्ष बांधकामाच्या खर्चाविरही जखर तितके नियंत्रण ठेवता आले पाहिजे.

धरणाच्या जागेच्या प्रारंभिक व अंतिम अन्वेषणांत फारसा फरक नव्हतीच असतो असे नाही. पुष्कळ वेळा तीं एकमेकांत सामावूनही जाण्याची शक्यता असते. फरक एवढाच की सुरवातीच्या अन्वेषणात पुष्कळ जागांचा विचार केलेला असतो व अशा वेळी ही पहाणी, अनेक जागांपैकी कोणती जागा जास्तीत जास्त उपयुक्त होईल हे ठरविण्यापुरतीच मर्यादित असते. अंतिम अन्वेषणात मात्र यापेक्षा जास्त पहाणी करावी लागते व त्याला खर्चही फार येतो. अशा खर्च केल्यावर जर अशी जागा सोयीची नसल्याचे आढळून आले तर हा खर्च फुकट जातो. प्रकल्पाचे सुरवातीसच जर प्राथमिक अन्वेषण केले असेल तर अंतिम अन्वेषणानंतर खर्च फार येईल म्हणून तो प्रकल्पच हाती न घेण्याची व अंतिम अन्वेषणाचा खर्चही फुकट जाण्याची पाळी येत नाही.

ज्या तज्ज्ञाने प्रारंभिक अन्वेषण केले असेल त्याच्याच पर्यवेक्षणाला अंतिम अन्वेषण बहुधा केले जाते. निदान त्याच्या शिफारशीनुसार ते होते. यातील मुख्य बाबी पुढील होतः—

- (अ) आपणाला हव्या असलेल्या धरणासाठी दोन अगर अधिक जागांच्या उपयुक्ततेसंबंधी तुलनात्मक माहिती मिळविणे. त्यामुळे अंतिम जागा नक्की ठरविता येईल.
- (आ) कोणत्या प्रकारचे धरण बांधावयाचे ते ठरविणे.
- (इ) उपपृष्ठातील पायाच्या जागेच्या परिस्थितीचा विनचूक अभ्यास करून ठरविलेल्या जागेची माहिती जमविणे. तीवरच धरणाची सुरक्षितता व खर्च या गोष्टी अवलंबून असतात.
- (ई) धरणासाठी लागणाऱ्या, तलावातील पाण्याखाली जाणाऱ्या व इतर आवश्यक कारणासाठी लागणाऱ्या जागांच्या क्षेत्रफळांचा अंदाज घेणे.
- (उ) जे हमरस्ते व रेल्वेमार्ग, तलावातील पाण्यामुळे काही ठिकाणी उंची-वरून त्याचे लागतील अगर त्यांच्या जागा बदलाव्या लागतील त्या-संबंधीची व्याप्ती व प्रकार निश्चित करणे.
- (ऊ) प्रकल्पाला जे सरकारी नियम लागू असतील त्यांची माहिती मिळविणे.

- (ए) नक्काचा जम्य तितका विनचूक अंदाज तयार करण्याकरिता लागणारी सर्व माहिती मिळविणे.
- (ऐ) धरणाची नक्की जागा ठरविणे, लागणारी यंत्रसामग्री, रहाण्याच्या जागा, (Cofferdam) कुंडनबांध, प्रकल्पासाठी हमरस्ते व रेल्वेमार्ग, लागणारा माल साधारणपणे कुठे मिळेल याची माहिती; सारांश, धरणाने काम सुरू करण्याचे दृष्टीने उपयुक्त अशा सर्व बाबींची माहिती निश्चित करणे.
- (ओ) बंधान्याचे संकल्पचित्र तयार करण्याकरिता लागणारी आवश्यक माहिती जमविणे.

६. (बंधान्याच्या) जागेची निवड

मांडचा प्रकल्पातील अनेक निरनिराळ्या घटकांपैकी धरण हा एक महत्त्वाचा घटक असतो व म्हणूनच त्याच्या जागेची अंतिम निवड, त्या प्रकल्पातील निरनिराळ्या घटकांना उपयुक्त होईल या दृष्टीने, विचारपूर्वक करावी लागते. चालू विवराणात आपण फक्त धरणाला लागणाऱ्या जागेच्या युक्तायुक्ततेपुरताच विचार करणार आहोत खर्च योग्य प्रमाणात येईल व ज्या उद्दिष्टाने धरण बांधावयाचे ते साध्य होईल अशा तऱ्हेने धरणाची जागा ठरवावी लागेल तसेच या जागी धरण कसे सुरक्षित राहील हेही धरणाची जागा नक्की करण्यापूर्वी पहावे लागेल. स्थूल मानाने या संबंधी विचार केल्यावर, झालेल्या अंतिम अन्वेषणानंतरच धरणाची नक्की जागा काळजीपूर्वक ठरवावी लागेल. त्यासाठी खालील महत्त्वाच्या गोष्टींचा विचार करावा लागेल.

- (अ) पाण्याच्या जागेच्या उपपृष्ठातील परिस्थिती.
- (आ) धरणाच्या जागेच्या प्रदेशाचे ज्ञान आणि तिचे धरणाच्या आकारावर होणारे संभाव्य परिणाम, तसेच त्याकरिता लागणाऱ्या खोदकामाची राशि दगैरे.
- (इ) बांधकामाला लागणारा माल योग्य प्रतीचा आणि पुरेसा मिळेल अगर कसे.
- (ई) प्रकल्पाकरिता लागणाऱ्या जमिनीची किंमत व पाण्याचे हक्क यासंबंधी खर्चाचा अंदाज.

- (उ) (Cofferdam) कुंडनवांध व पायांतील पाणी उपसणें यांचा अंदाजी खर्च व त्याकरिता लागणाऱ्या नळ व इतर सामग्रीचा अंदाज.
- (ऊ) धरणाच्या जागी पोहोचण्याकरिता रस्ते वगैरेची सुविधा व त्याकरिता लागणारी बाह्यक-यंत्रणा.
- (ए) बांधकामाची यंत्रसामग्री व रहाण्याकरिता लागणाऱ्या जागांसंबंधी पहाणी.
- (ऐ) बांधकामाची सुरक्षितता.

धरणाची जागा नक्की ठरवितांना पायाच्या ठिकाणी योग्य उपगृष्ठ उपलब्ध आहे की नाही हें पहाणें अत्यंत महत्त्वाचें आहे. पायाची जागा धरणाच्या दृष्टीनें अभेद्य असावी लागते किंवा ती अन्य उपायांनी तशी करणें शक्य होईल अशी असावी लागते तसेच ती धरणाच्या भितीचे वजन तोलू शकेल व साठविलेल्या पाण्याचा दाब सहन करू शकेल अशी भक्कम असणें जरूर असते. ज्या ठिकाणी धरण बांधावयाचे आहे त्या ठिकाणी नदीघाटीची रुंदी पुरेशी असणें फायदेशीर असते. अर्थात ही रुंदी धरणाच्या लांबीपेक्षा जास्त नसावी हें उषडच आहे, व ती सांडवा, विजलीघर, नौकानयन या व अन्य जरूरीच्या कामाकरिता पुरेशी असावी. मातीच्या किंवा अश्मस्थापित (rock filled) धरणाखेरीज इतर धरणांच्या बाबतींत अशा धरणच्या लांबीचाच कांहीं भाग सांडव्याकरितां बहुधा उपयोगांत आणला जातो. मातीच्या व अश्मस्थापित (rock filled) धरणाच्या बाबतींत मात्र सांडव्याचे बांधकाम हा एक स्वतंत्र भाग असावा लागतो व त्याकरिता लागणाऱ्या योग्य जागेची निवड स्वतंत्रपणे करावी लागते. धरणाच्या जागेची निवड, त्याठिकाणी असणारी पायाची परिस्थिति, जागेवर मिळणारा माल, यावर अवलंबून असते. तसेच धरण मातीचे अगर अश्मस्थापित असेल तर त्या ठिकाणी पुरेशी चिकणमाती, मुरुम, दगड वगैरे उपलब्ध होईल अगर कसे हें पहावे लागते.

७. प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे व हवाई मानचित्रण १

प्रदेशवर्णनासंबंधी माहिती असल्याखेरीज धरणबांधणीबद्दल विचार करता येणार नाही. म्हणून कुठल्याही धरणाच्या जागेच्या अन्वेषणात प्रदेशज्ञानाचे तळटीप १.

आर्कान्सास, लिटलरोक येथील कोअर ऑफ इंजिनिअर्सचा विभागीय अभियंता, मेजर टी. एफ. कर्न याने ७ ते १४ पर्यंतच्या अनुच्छेदात पुरविलेली आणि सर्वेक्षण आणि रेखाचित्रण विभागाचा प्रमुख कॅप्टन पी. न्यूमन याने तयार केलेली आधार सामग्री.

अत्यंत महत्त्व असते. विमानांतून पहाणी करून जमिनीवरील महत्त्वाच्या जागांशी संबंध साधून नकाशे तयार करण्याच्या पद्धती, अलिकडे, वन्याच निघाल्या आहेत. Stadia पद्धतीने लहान नकाशे तयार करण्याच्या जुन्या पद्धती आता दळूहळू मागे पडत चालल्या आहेत. आधुनिक पद्धतीनुसार १० फूट अगर त्यावेळां जास्त अंतर असलेले समोच्च नकाशे, विमितीय हवाई फोटोचा उपयोग करून तयार करता येतात. Zeiss Aero Topograph Company चे Multiplex या व्यापारनामाने उपलब्ध असलेले साधन या कामी जास्त प्रमाणात उपयोगात आणले जाते. हे साधन Bausch and Lomb Optical Company अलिकडे तयार करीत आहे आणि Corps of Engineers U. S. Army यांनी त्यास मान्यता दिली असून नकाशे तयार करण्याचे प्रमाणित उपकरण म्हणून मान्यही केले आहे व त्याचा लष्करी व विनलष्करी प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे तयार करण्याकरिता सर्रास उपयोग केला जात आहे.

प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे तयार करण्याकरिता (Multiplex) साधनांचा उपयोग करण्याची खालील पद्धत आहे :—

- (१) ज्या जागेचा नकाशा तयार करावयाचा त्या जागेचे विमानांतून चित्रीकरण केले जाते.
- (२) अवकाशक प्रतिमान तयार करण्याकरिता जमिनीवर पुरेसे नियंत्रण-बिंदु कायम केले जातात. जितक्या प्रमाणात आपल्याला नकाशात अचूकपणा हवा असेल तितक्या प्रमाणात जमिनीवरील या बिंदूंची संख्या ठरवावी लागते. जमिनीवरील या नियंत्रण बिंदूंच्या संख्येवर अवकाशिक प्रतिमांची^२ अचूकता अवलंबून असते.
- (३) (Multiplex) आलेखन करणे. त्यायोगे अवकाशिक प्रतिमेचे प्रत्यक्ष नकाशांत रूपांतर होतें.
- (४) आलेखन व तथाकथन प्रक्रिया.

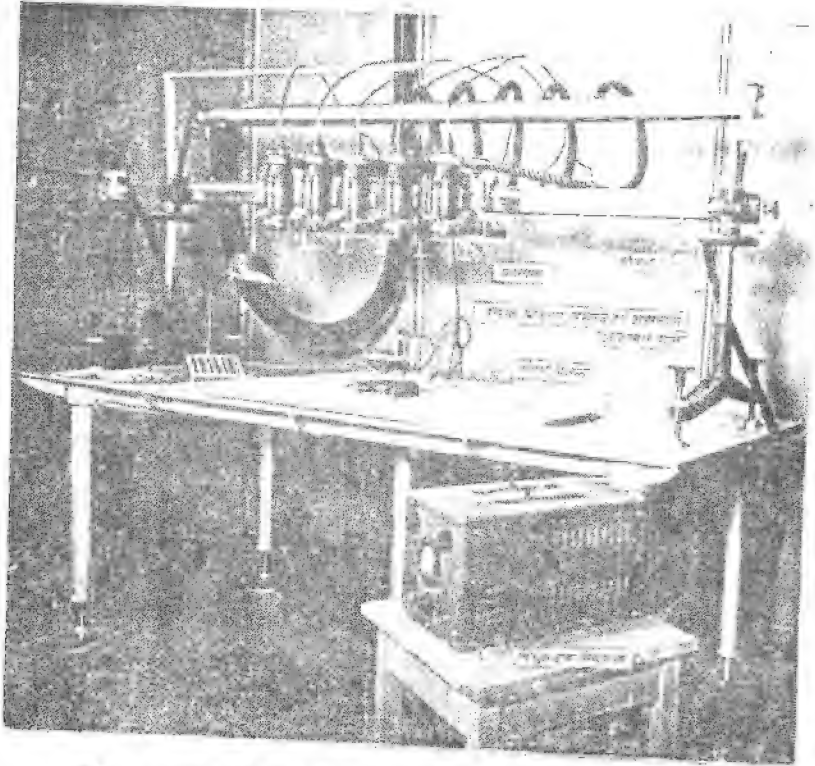
८. वायुप्रक्षेपण-पद्धती

मलिटप्लेक्स किंवा वायुप्रक्षेपण पद्धतीमध्ये उपकरणांचा जोडीजोडीने संयुक्तपणे उपयोग केला जातो. व हवाई छायाचित्रांच्या जोड्याजोड्यांची धन प्रतिबिंबे एकामागून एक प्रक्षेपित केली जातात. या प्रतिबिंबांचा छायाचित्रणीय प्रत्यावर्तनाने

तळटीप २. सुयोग्य फिल्टर चष्म्यातून पाहिले असताना प्रकाशाच्या प्रक्षेपित किरणांच्या आंतरेंद्रजाने पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या अवकाशात तयार झालेल्या प्रतिमान चित्राला “विशेष प्रतिमान चित्र” म्हणतात.

(Reversal) निर्गमदृश्याचा अवकाशिक नमुना तयार केला जाता; आणि उपकरणांची योग्य जुळवाजुळव करून पुरकवर्णांच्या दोन किरणांचा अवकाशातून प्रतिल्लेख करून ती प्रतिल्लेखित किरणे प्रक्षेपित केली जातात.

हा नमुना प्लॅस्टिकचा केलेला असतो व या नमुन्याचे निरीक्षण संवादी पुरक वर्णांच्या निस्यंदन (filter) काचिच्या चप्प्यातून केले जाते. संतर चक (movable) व समायोजनीय (adjustable) मापक चिन्हांच्या मदतीने तपासून त्याचे मापन केले जाते. मापकचिन्हांच्या मध्यभागी टेबलच्या पेन्सिलीच्या साहाय्याने वास्तविक लंबरेखीय प्रक्षेपित (True orthographic Projection) समतलावर हा नमुना तयार करता येतो. याकरिता समतलमापन व उठावाचे अखंड अनुरेखन करावे लागते.



आकृति २. धारावाही छया चित्रापासून प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे तयार करण्याची मल्टिलेक्स पद्धतीची विशिष्ट यंत्रणा (यू. एस्. इंजिनियर ऑफिस, लिटल रॉक यांच्या सौजन्याने)

९. मल्टिप्लेक्स उपकरण

मल्टिप्लेक्स उपकरण हे बलकट वाडणीच्या समतलपृष्ठ असलेल्या मेजाचे धनविलेले असते. समतलपृष्ठ हे त्याचे संदर्भतलू बनते. या संदर्भतलाचे समा-स्तरण आणि अंतर सहजपणे नियंत्रित करता येते म्हणून या उपकरणात एक चौकटीत दांडा बसविलेला असतो. त्यात प्रक्षेपक अगर छोटा कॅमेरा व गणना-मापक चिन्ह बसविलेले गोल मेज ह्या बसवून ठेवलेल्या असतात. हवाई कृण कांच व प्रक्षेपण करण्याची धन कांच यांतील गुणोत्तर योग्य राखण्याकरिता लागणारे घडाई मुद्रक आणि शर सहज्याची उपसाधनेही त्यात समाविष्ट केलेली असतात.

हवाई छायाचित्रांच्या साहाय्याने नकाशे तयार करण्याची एक विशिष्ट मल्टिप्लेक्स यंत्रणा आकृति क्र. २ मध्ये दाखविली आहे.

१०. मल्टिप्लेक्स नकाशा तयार करण्यासाठी लागणारे स्थल नियंत्रण

मल्टिप्लेक्स अवकाश-तमुन्याचे स्थल नियंत्रकाशी दिशानिर्देशन करावे लागते. याकरिता लागणारे सर्वेक्षण अशा दर्जाचे असणे की त्याच्या साहाय्याने अंतिम नकाशे तयार करता येतात. सामान्यतः ज्या उंचीवरून आपणास फोटो घेता येईल अशा जास्तीत जास्त उंचीकरिता आपणास जर दहा फूट अचूकता हवी असेल तर साधारणतः दर सहा मैलांच्या उड्डाणरेषेवर समस्तर-नियंत्रण कमीत कमी तिसऱ्या दर्जाचे असावे लागते. तसेच प्रत्येक विमितीय जोडीकरिता कमीत कमी चार उत्थानबिंदु कायम करावे लागताना व त्याकरिता उदग्र-नियंत्रणासाठी पुरेसा प्रमाणात ४ थ्या दर्जाची यथार्थता असावी लागते. ही यथार्थता साध्य होण्याकरिता उदग्र नियंत्रण उच्च दर्जाच्या तल्लेखणाशी (Levelling) निगडित असावे जरूरीचे आहे. हे तल्लेखण हूमरस्ते, लोहमार्ग आणि जास्तीत जास्त सहजतेने जाता येईल अशा मार्गावरून केले तर ते काटकसरीचे होते व तसे ते करणे इष्ट आहे.

११. मल्टिप्लेक्स आलेखन

मल्टिप्लेक्स आलेखनाकरिता दोन प्रक्षेपकान Diapositive^३ चे योग्य अनुत्पादन केले जाते. ही Diapositives ज्या कॅमेर्यात अनंभूत करावयाची असतात तेथे ती

तळटीप ३. वायव्येडिस्टिब ही संज्ञा, कुत्रिम प्रकाशाने प्रक्षेपण करता येते म्हणून दावण लाव-
लेल्या कांचवर छापीलेल्या एका लहान घनहवाई छायाचित्रास वापरण्यात येते.^४

हवाई निगटिव्ह म्हणून काम देऊ शकतात. एकाभागातून एक चित्र घेण्याचे वेळी अशा कॅमेऱ्याची जागा पुनः प्राप्त करून अवकाश नमुना तयार करिता येतो. असा हा नमुना आलेखन करायच्या माध्यमावर आलेखित केलेल्या भूमिनियंत्रकाशी जुळविला जातो. प्रचालक नंतर प्रतिकृतीवरील क्षेत्रमापन व प्रदेशवर्णनात्मक चिन्ह-विंदूच्या मध्यावर द्रसविलेल्या पेन्सिलीच्या साहाय्याने नमुन्याच्या माध्यमावर उतरवितो. हा चिन्हविंदु एका पांढऱ्या रंगाच्या गोळ तबकडीच्या मध्यावर केंद्रित केलेला असतो व तो वरव्हाली सरकू शकतो. त्याची हालचाल मापताही येते. तसेच त्याला समस्तर गतीही माणसाकरवी देता येते व या समस्तर हालचालीमुळे जरूर ते क्षेत्रमापनही रेखांकित करता येते. लंबरेखीय प्रक्षेपणाशिवाय त्याचा उपयोग समोच्च रेषा रेखाटण्याकरिताही होतो. प्रकाशाच्या छोट्या विंदूचा स्रोत अवकाशीय प्रतिकृतीच्या पृष्ठभागावर टाकून ही आवश्यक माहिती मिळविता येते.^४ प्रकाशविंदूचा मापलेली उभी हालचाल व नकाशा ज्या प्रमाणावर काढलेला असतो ते प्रमाण या उभयतांवे एकमेकांशी जे गुणोत्तर येईल त्यावरून प्रकाशविंदू किती वर गेला हें सांगता येते. मल्टिप्लेक्स कृति पुरी झाल्यावर तयार झालेला आलेख योग्य निर्वचन करून अत्यंत काळजीपूर्वक संपादित केला जातो, आणि नंतर पाहिजे तशा पुनरुत्पादनाच्या पद्धतीकरिता वापरता येतो.

१२. मल्टिप्लेक्स आलेखाचे तुलनात्मक मूल्य

मल्टिप्लेक्स पद्धतीने समोच्चरेषांकित केलेल्या दर चौरस मैल क्षेत्राचा खर्च हा अवकाशिक प्रतिकृतीच्या उपयोगांत आणल्या गेलेल्या भागाशी समप्रमाणांत असतो. तळावाच्या क्षेत्राचा नकाशा करण्यास उपयोगी असा भाग तेथील भूरचनेवर अवलंबून असतो. तबकडीसारख्या उथळ तळावास सर्वात जास्त खर्च येईल; तर लांब व अर्द अशा अंगुलिसदृश जलाशयास तो सर्वात कमी येईल. हवाई छाया चित्रलेखनांत सामावलेल्या संपूर्ण क्षेत्राचे समोच्च रेखांकन करूनच मल्टिप्लेक्स पद्धतीचा उपयोग केल्यास या खर्चात जास्तीत जास्त वचत करणे शक्य होईल.

प्रत्यक्ष जागेवर जे काम करावें लागेल व त्या क्षेत्रात जी बारिक बारिक माहिती उपलब्ध होईल त्यावर मल्टिप्लेक्स नकाशाची एकंदर किंमत प्रामुख्याने अवलंबून असते. मात्र खर्चातील सर्वात जास्त फरक छायाचित्रण केलेल्या एकंदर क्षेत्राच्या किती टक्के क्षेत्र समोच्चरेषांकरिता उपयोगांत आणले त्यावर अवलंबून असतो.

साधारणतः एकांश लागतीच। पल्ला व समोच्चरेपांकित केलेले एकूण छायाचित्रित क्षेत्र यांचे परस्पर संबंध व समोच्चरेपांकित दर चौरस मैलाचा खर्च यांची माहिती खालील कोष्टकात दिली आहे. मात्र छायाचित्रित क्षेत्र समोच्चरेपांकित क्षेत्रापेक्षा नेहमीच पुष्कळ पटीने जास्त असते.

छायाचित्रित क्षेत्राची समोच्चरेपांकित क्षेत्राशी टक्केवारी	दर चौ. मैल समोच्चरेपांकित क्षेत्राच्या किमतीची व्याप्ति
२५	३०० ते ४०० डॉलर
३०	२३५ ते ३१५ "
३५	२०० ते २७० "
४०	१६५ ते २२० "

हवाई उड्डाण, छायाचित्रण, जमिनीवरील नियंत्रक वसविणे, नकाशे तयार करणे वगैरे व अधिपरिचय यांचा एकांश लागतीत समावेश केलेला असतो. दर निर्देशित केलेल्या किमतीच्या व्याप्तीत काहीं अपवादात्मक परिस्थितीत पुष्कळच फरक पडण्याचा संभव असतो.

प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे तयार करण्यास मल्टिप्लेक्स व समतलमेज पद्धती वापरतात. त्यांची तुलना करण्याकरिता हवाई फोटोचे उपयोग करून वापरण्यात येत असलेल्या आधुनिक समतलमेज पद्धतीचा आढावा घेणे उपयुक्त होईल. छायाचित्रांवर आलेखित केलेल्या जमिनीवरील उभ्या आणि आडव्या भूमियंत्रकांच्या जाळ्याच्या साहाय्याने समोच्चरेपा निश्चित केल्या जातात. ही छायाचित्रे नंतर, कार्यालयात परत केल्यावर, तेथे "रेडिअल लाइन प्लॉट" योग्य प्रमाण व दिग्निश्चितीवरून तयार करतात. यानंतर हे रेडिअल प्लॉट आधारपत्रावर स्थानांतरित केले जातात. अशा आधारपत्रावर पॅटोग्राफ अगर प्रकाशीय प्रक्षेपकाच्या साहाय्याने फोटोमधील तपशील पूर्वीच चित्रित केलेला असतो. हे आधारपत्र, नंतर, शाईने पुरे करून पुनर्निर्मितीकरिता वापरले जाते.

तळटीप ५. रेडिअल लाइन प्लॉट ही एक पद्धति आहे. या पद्धतीत हवाई छायाचित्रांतील काही विविक्षित छायाबिंदु काढून टाकता येतात, तसेच त्यातील उलटा-पालडीमुळे झालेले विस्थापन आणि विरूपण हेही काढून टाकले जातात. निरनिराळ्या प्रमाण आणि उभार (relief) धारीतील फरकही दूर केले जातात. 'रेडिअल लाइन पद्धति' व आलेखनी संबंधी संपूर्ण माहितीकरिता वाचकांनी "ट्रिक्ल मॅन्युअल नं ५-२३०." "टोपोग्राफिक ड्राफ्टिंग" हे पुस्तक वाचावे. सुपरिंटेंडंट ऑफ डिव्हिजन्स, वॉशिंग्टन डी. सी. यांचेकडे हे पुस्तक मिळेल.

प्रत्येक समतलमेज समूहात चार माणसे लागतात. तेवढ्याच वेळांत मल्टिप्लेक्स पद्धतीत एक माणूस हेच काम करू शकतो. या दोन्हीही निर्माण पद्धतीत हवाई फोटोंचा वापर केला जात असल्याने हवाई खर्च सारखाच येतो. या दोन्हीत भूमियंत्रण साधारणतः सारखेच लागते आणि या दोन्ही पद्धतींपैकी कोणत्याही पद्धतीने आधारपत्र तयार केल्यावर संपादन, आलेखन व पुनरुत्पादन याकरिताही खर्च सारखाच येतो. पण समतलमेजापेक्षा मल्टिप्लेक्स पद्धतीत मुख्य पायदा केवळ सनुष्यवळ वाचते हाच नाही तर मल्टिप्लेक्स पद्धति एकाच दिवशी दोन अगर तीन पाळ्याकरिता वापरता येते. यावेळी हवामान कसेही असले तरी चालते. मल्टिप्लेक्स पद्धतीत वेळ आणि खर्चात ३० ते ४० टक्के बचत करता येते असे उपलब्ध अशा सखोल तुलनात्मक माहितीवरून दिसते.

१३. हवाई प्रदेशवर्णनात्मक नकाशांचा उपयोग

पुष्कळ वेळां, सर्वेक्षण व प्रारंभिक अन्वेषण यासाठी संपूर्ण नदीखोरे व क्षेत्राचे. कित्येक मैलांचे हवाई प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे अत्यंत उपयोगी पडतात. कारण त्यांच्या साहाय्याशिवाय सर्व नदीकिनारा प्रत्यक्ष पायावाली घालूनही, कांही वेळा, ज्या भागाचे अन्वेषण करावयाचे आहे त्या भागाची विशिष्ट लक्षणे व तेथील परिस्थिति नजरेतून गुटण्याचा संभव असतो.

अशा हवाई नकाशावर समोच्चरेषा नसल्या तरीही ते उपयोगी पडू शकतात. कारण त्यावरून शेतातील बांधाच्या रांगा, जंगले, नांगरलेल्या जमिनी, इमारती व सार्वजनिक ठिकाणे वगैरेची प्रदेशवर्णनात्मक माहिती मिळते. अशासंबंधी अल्कडें "अॅनॅग्लिफ्"^६ ही सुधारलेली पद्धती वापरण्यात येते. अशा पद्धतीने तयार केलेले छायाचित्र प्रथम एकाद्या पिण्ट डागासारखे दिसते. ते चित्र पहाण्यासाठी आपणास मॅक्सिकोप चष्मा वापरावा लागतो. मॅक्सिकोपमध्ये डावी कांच लाल व उजवी निळी असते. अशा चष्म्यांतून बरील नकाशा पहाताना आपणास जागेच्या ऊंचसखलपणाची कल्पना येते; आणि विमानाच्या पहाणीत अगर जमिनीवर केलेल्या पहाणीत राहून गेलेली बरीच चिन्हे आपल्याला दिसू लागतात. व धरणांच्या निरनिराळ्या जागांपैकी कोणती जागा

तळदीप ६. अमेरिकन कलरटाइप कंपनी. एक जांभळी व दुसरी लाल अशा दोन जवळजवळ अव्यस्रोपित प्रतिमांच्या छपाईतून निर्माण झालेल्या चित्रास 'अॅनॅग्लिफ' अशी संज्ञा आहे. दोन संयुक्त रंगीत काचामधून पाहिले असता हे चित्र यथार्थदर्शन (stereoscopic effect) घडविते.

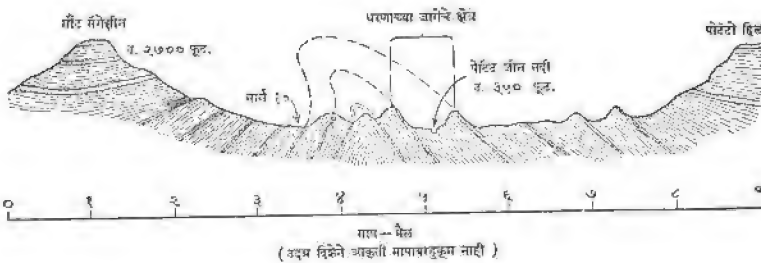
जास्त फायदेशीर होईल याची तुलनात्मक कल्पना करणे शक्य होते. तसेच पूर्वी जमीनी कल्पना आली नाही व ज्या आडळल्याही नाहीत अशा खिंडीतील सांडव्याकरिता उपयुक्त जागाही यामुळे हुडकून काढणे शक्य होते.

१४. स्थल नकाशा

हवाई स्थलवर्णनात्मक नकाशाचा प्रारंभिक अन्वेषणाकरिता स्थलनकाशा म्हणून उपयोग होतो व जरी तो तंतोतंत नसला तरी चालते. अंतिम अन्वेषणाकरिता मात्र स्ट्रेडिआ पद्धतीने किंवा समतल मेज पद्धतीने प्रदेशवर्णनात्मक नकाशा तयार करणे जरूर असते, व त्याकरिता महत्त्वाच्या आधाररेषा कायम करण्यासाठी मावळीने पुष्कळशी मोजणी करावी लागते. अंतिम ठरलेल्या जागेच्या प्रदेशवर्णनात्मक नकाशावर निर्देशांक प्रस्थापित करावे लागतात. त्याचे आमपास असणाऱ्या छेदनजागा, परीक्षागती, वर्तमान व भविष्यकालीन इमारती यांचा अन्वेषणाचे वेळी व प्रत्यक्ष बांधकामाचे वेळी, या निर्देशांकाशी नेहमी संबंध जोडावा लागतो. जागा खड्या उताराची असल्यास, अशा जागी नकाशावरील समोच्चरेषामधील अंतर २ ते ५ फूट असावे लागते. मात्र स्केल, सामान्यतः, दर इंचास १०० फूट अगर त्यापेक्षा कमी असले तरी चालते (आकृति १ पहा).

१५. भू-तत्त्वीय अन्वेषण

धरणाच्या जागेचे अन्वेषण करण्याकरिता अनुभवीक वैज्ञानिकाची मदत घेणे अगत्याचें असते. प्रत्येक चांगल्या भूवैज्ञानिकाला आपल्या कार्यासंबंधी व्यापक



आकृति ३. पेटिट जीन नदी आरकान्सास येथील नदीघाटीतील सामान्य भूतत्त्वीय छेद (यू. एस्. इंजिनियर कोअरच्या सीजन्याने)

परिस्थितीचे अशा भूछेदांच्या साहाय्याने आकलन करणे सुलभ जाते. अर्थात् लिलाव मागण्यास उपयोगी माहिती म्हणून अगर मक्त्याचे कामाकरिता उपयोगी पडतील असे नकाशे म्हणून त्यांचा कधीही उपयोग करता कामा नये. कारण अशा नकाशासधे बराचसा काल्पनिक भाग असतो. त्यामुळे स्थापत्यशास्त्रज्ञांना त्यावरून चुकीची अनुमाने काढली आहेत असा आरोप लादला जाण्याचा संभव असतो. लिलाव-दारांचे केवळ माहितीसाठी म्हणून प्रत्यक्ष छेदनकीडांचा (cores) व छेदनांचे काळजीपूर्वक निर्वाचित केलेल्या अभिलक्षण-लेखांचा माव उयोग करावा.

१६. निम्नपृष्ठ-समन्वेषण.

ज्या ठिकाणी धरण बांधावयाचे आहे, त्या ठिकाणचे, व्यापक प्रमाणात निम्नपृष्ठ-समन्वेषण करणे जरूरीचे व हिताचे असते. कारण त्यामुळे भू-वैज्ञानिक, मृद्विशासद आणि प्रकल्प विशासद यांना खालील बाबी निश्चित करण्याचे कामी मदत होते :—

(अ) योग्य तऱ्हेचे व कमी खर्चाचे धरण बांधणे.

(आ) मातीचे धरण बांधण्याचे ठरले तर त्या ठिकाणच्या अधिभारातील मातीचे गुणधर्म जाणून घेणे.

(१) मातीच्या गुणधर्मविषून ठरविलेल्या धरणाच्या उतारावर-हुकूम धरण बांधण्याकरिता अधिभारातील मातीत स्वलन-प्रतिबंधक शक्ति पुरेशी आहे काय ? अगर पायांतील मातीची स्वलन-प्रतिबंधकता इतकी कमी आहे की ती वाव धरणाचे उतार निश्चित करण्याची नियंत्रण-बाव ठरावी काय ?

(२) अधिभारांतील माती पुरेशी जलाभेद्य आहे अगर धरणाच्या मुरक्षितेसाठी खडकापर्यंत जलसावविरोधी (काटमार्ग) खंदक बांधावा लागेल अगर उगम-दिशेकडे तलावाच्या पृष्ठभागी मृत्तिकावरण घालावे लागेल काय ?

(३) अधिभारांत धोका प्रतिबंधक असे योग्य द्रव्य पुरेशा प्रमाणांत आहे काय ?

(४) धरण बांधण्यास लागणारे द्रव्य खाणीत पुरेसे आहे काय आणि ते किती खोली पर्यंत व किती प्रमाणांत आहे ?

- (५) तलस्थित पुस्तवान (Ledge) दगडात पोकळ्या, जोडपदर अगर द्रावणनाल्या आहेत काय ? कारण तथा नाल्या आढळल्यास, जरी मातीचे धरण बांधावयाचे असले तरी, त्यावर योग्य उपचार करणे जरूरीचें असते.
- (इ) काँक्रीटचे धरण बांधावयाचे असल्यास पायातील पुस्तवान खडकाच्या गुणधर्माची माहिती.
- (१) हा पुस्तवान खडक किती खोलीपर्यंत झिजला आहे ? तो किती खोलीपर्यंत व किती प्रमाणांत काढून टाकला म्हणजे काँक्रीटच्या धरणाचा पाया योग्य असण्याच्या दृष्टीने उपयुक्त होईल ?
- (२) या खडकांत सिवनी व जोडपदर आहेत काय ? भरपूर गाराभराईची आवश्यकता ज्यामुळे भासेल अशी स्थिति किती खोलीपर्यंत आहे ?
- (३) पायातील पुस्तवान खडक फुटून फार विस्कळीत झाला आहे काय ? त्यांत बांधकामाचे दृष्टीने कमकुवतपणा येईल अगर त्यांतून विस्तृत प्रमाणांत पाण्याचें झिरपण होईल असें न सांधलेले विफल स्तरभंग आहेत काय ?
- (४) दगडाची भारक्षमता, काठिण्य व टिकाऊपणा.
- (५) काँक्रीटकरितां उपयोगी अशा खडीची उपलब्धता-नदीच्या पात्रांत अगर आसपास वाळू आणि कंकर यांचे मान्य होतील असे साठे उपलब्ध आहेत काय ?
- (६) काँक्रीटकरितां उपयुक्त अशा तऱ्हेच्या खडीला लागणाऱ्या योग्य दगडाच्या खाणी पुस्तवान खडकांत जवळपास उपलब्ध होतील कां ?
- (७) पायांतील पुस्तवान खडकांत, मोठ्या प्रमाणांत उपचार करावे लागतील अशा, पोकळ्या अगर द्रावणनाल्या आहेत काय ?

१७. उपपृष्ठ-समन्वेषण पद्धति

सामान्यतः सर्वमान्य अशा, उपपृष्ठाचे समन्वेषण करण्याच्या पद्धतींत परीक्षा-गती, कूप अगर बोगदे खणण्यांत येतात. कारण प्रत्यक्ष आत उतरून तेथे असणाऱ्या द्रव्याची परीक्षा करता येते व त्यांतील नमुने घेऊन त्यांची चांचणी

करता येते. मात्र अशा पद्धतीत संपूर्ण उपपृष्ठ-समन्वेषणास गुप्कळवेळां उमाप (Prohibitive) खर्च येतो. म्हणून काही वेळां विद्युत्-अन्वेषण, अगर भूकंपीय अन्वेषण आणि निरनिराळ्या प्रकारची वेधने (Bores) घेण्याच्या पुरक अगर वैकल्पिक पद्धतींचिही अवलंबन करावे लागते.

१८. विद्युत्-प्रतिरोधकता व भूकंपीय पूर्वक्षेप-पद्धति.

काही वेळां स्थापत्य शास्त्रज्ञास पुस्तकाना खडकावरील अधिभाराच्या गुण-भाराबद्दल फारसे स्वास्त्य नसते. (पायांतील खोदकावात) पायाचा आधार-तलस्थ दगड किती खोलीवर आहे व त्याचे गुणधर्म काय आहेत एवढेच जाणून घेण्याची त्याला जहरी वाटते. हे जाणण्याकरितां दूरदूर अंतरावर वेधने घेणे, कदा विद्युत्प्रतिरोधकता अगर भूकंपीय पद्धति वापरणे फायदेशीर होते. मात्र या पद्धती हीरावेधनाएवजी वापरता येतील अशा कोणाची सम-जुत असेल तर त्याची फार निराशा होईल.

य पद्धती केवळ पुरक आहेत, आणि त्यांचा उपयोग सर्वसाधारण पृष्ठ-तळावरील परिस्थिति अजमाविण्याकरितांच करतात. अर्थात त्यामुळे अधि-भारातून आणखी सूचिकाळिद्रे अगर खडकातून हीरावेधने घेणे जरूर आहे का हेही समजून येते. या पद्धतीचा मर्यादितपणा लक्षांत घेऊन जर उपयोग केला तर उपपृष्ठांतील अन्वेषणाच्या खर्चात गुप्कळच वचन करता येते आणि तेथील परिस्थितीचे ज्ञानही चांगल्या प्रकारे मिळू शकते.

खडकाच्या पुस्तकानातील पाण्याच्या संवाहकतेतील फरकावर विद्युत्प्रति-रोधकतापद्धति अवलंबून असते.

भूकंपीय-पद्धतीकरितां, स्फोटांमुळे निर्माण झालेल्या कंपलहरीच्या विस्तारमापनाची जहरी असते; आणि दगडाचा पुस्तकान व अधिभार याच्या स्थितिस्थापक गुणधर्मांतील परस्परप्रमाणावर हा विस्तार अवलंबून असतो. या दोन्ही पद्धतींचा उपयोग करतांना त्या पद्धतींचे शिक्षण घेतलेली व अनुभवी अशीच माणसे निवडणे जरूरीचे असते. बऱ्याचशा स्थापत्यशास्त्रज्ञांना फक्त पायांतील दगडांचे बाबतीत औत्सुक्य असते. त्यांना त्या संबंधी जरूर ते ज्ञान असले म्हणजे पुरे. स्थापत्यशास्त्रज्ञ, प्रथम या दोन पद्धतींपैकी कोणती पद्धति वापरावयाची हे ठरवितो व नंतर प्रत्यक्ष अन्वेषणाचे वेळां त्या विशिष्ट पद्धतीतील तज्ञांची नेमणूक करतो. परिस्थित्यनुसृत एक पद्धति दुसरीपेक्षां

जास्त चांगली असू शकते. म्हणून या दांहीं पडतीची^७ माहिती अमलकाच विशेषज्ञ नेमणें उपयुक्त असते.

१९ परीक्षा-गर्ता

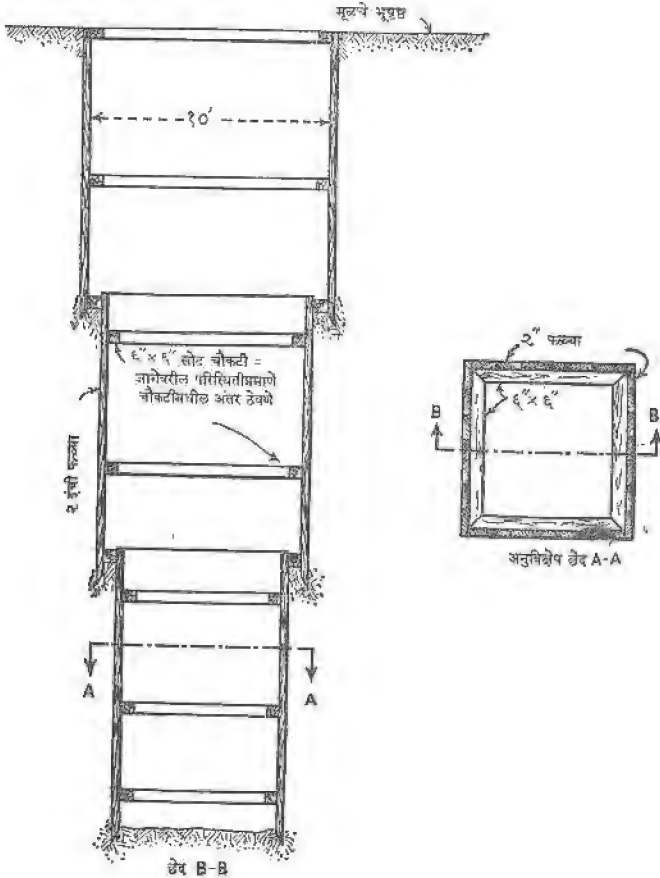
अधिशाराचे अन्वेषण करण्याकरितां परीक्षा-गर्ताचा उपयोग करणें आवश्यक आहे. कारण त्यामुळे स्थापत्यशास्त्रज्ञास त्या गर्तांत स्वतः उतरून, त्यातील बिनछडा अधिशाराच्या माहितीचें आकलन करता येते. परीक्षा-गर्ता अगर परीक्षा-कारी खोदल्याने तेथील द्रव्याचें बिनछडा (undisturbed) नमुने घेणें शक्य होते; आणि त्या द्रव्याचा नैसर्गिक प्रभाव व इतर गुणधर्म यांचे ज्ञान होण्यास अत्यंत साहाय्य होते.

हे चांचणी खडे खांद्याने कोणामही जमेल असे दाटण्याची शक्यता आहे पण त्यांत चुका होऊन असे अनुभवाने आढळून आले आहे. उदाहरणार्थ, कांही वेळां टिपगारी (Pointing) करितां फळ्यांची चुकीची वाजू वापरली जाते; किंवा त्यांची ताण बांधणी योग्य तऱ्हेने केली जात नाही. हे दाटण्याकरितां हे परीक्षा-खडे कसे खांद्याने यासंबंधी माहिती व त्याबद्दलचा तपशील खाली देण्यांत येत आहे.

जर अशा खड्यांची खाली जास्त असेल तर पृष्ठ भागावर लांबी व रुंदी पुरेशी ठेवावी. त्यांत फळ्या ओळव्यात बसविण्यांत याव्यात. खड्याची खाली जराबशी वाढत जाईल तसतशा आणखी फळ्या खाली बसवीत जाव्यात. या फळ्या जागेवरून सरकू नयेत म्हणून आडव्या दड्याच्या चौकटींत त्या बसवाव्यात. या कामाकरितां दांत इंचपेक्षा कमी जाडीच्या फळ्या वापरणें निरुपयोगी ठरते. त्या १२ ते १६ फूट लांब व २×६ किंवा २×८ इंच रुंदीच्या असाव्यात. त्यांची खालची वाजू पाचरीसारखी असावी. अशा आकाराची फळी एका वाजूसच तासलेली असावी आणि फळी बसवितांना खड्याच्या बाहेरच्या वाजुवडें ती तासलेली वाजू राहील अशी बसवावी म्हणजे खड्यातून फळीची ती वाजू सहज दिसू शकेल. ही बाब जरी क्षुल्लक असली तरी ती महत्वाची आहे. कारण फळी बसवितांना ती उलटी बसली

तळटीप ७. बायु. बी. ओरको व इ. जी. लिओनोर्डन यांचे "इलेक्ट्रिकल प्रॉस्पेक्टिंग ऑफलाईट टु डेमसाइट्स" टेक्निकल पब्लि. नं. १३१ (क्लास एल जिऑलॉजिकल प्रॉस्पेक्टिंग नं. ७) तसेच डब्ल्यू. जे. मीड, यांचे "इंजिनिअरिंग जिऑलॉजी ऑफ डॅम. साइट्स" सेकंड कॅप्टेस ऑन लॉर्ज डॅम्स, वॉशिंग्टन डी. सी. १९३६.

तर अशा फळ्या खड्ड्याच्या तळाशी दाटी करतील. फळ्यांचा एक संच पूर्णपणे बसविल्यावर दुसरा संच पूर्वीच बसविलेल्या खड्ड्यांच्या चौकटीत पाठीमागे बसवून मग त्या फळ्या खाली ठोकाव्यात. खड्ड्यांतील माती साधारण प्रकारची असली तर तीत वापरण्यास 8×6 इंच मापाचे दट्टे पुरे होतील. ज्या ठिकाणी काम करावयाचे त्या ठिकाणच्या जमिनीच्या अवस्थेवरच या खड्ड्यांच्या चौकटीमधील अंतर अवलंबून राहील. चांचणी खड्डा चौकोनी असावा



आकृति ६. परीक्षा-गर्तातील लाकडी सोट आणि फळ्या यांची योजना. खड्ड्यांत दाटी होऊ नये म्हणून वापरण्यांत येणारी फळ्यांची टिपगारी पद्धत.

आणि खड्डा जास्तीत जास्त किती खोल खणावा लागेल यावर त्याची जमिनी-वरील लांबी व रुंदी अवलंबून राहिल. तळात खड्याचा आकार ४' × ४' पेक्षा कमी नसावा व तो प्रत्येक फळ्यांच्या संचाकरिता प्रत्येक वाजूस २ फूट अधिक जागा राहिल असा खोदावा. उदाहरणार्थ, जर परीक्षा-खड्डा ३०' खोल असेल तर पृष्ठ भागावर त्याचा आकार १०' × १०' पेक्षा कमी नसावा. सामान्य खड्ड्याकरिता फळ्या व त्याचे ताण कसे असावे हे आकृति ६ मध्ये दाखविले आहे.

पहिल्या दर्जाच्या कामावर सूचिकांतून मिळालेली माहिती पडताळून पहाण्या-करिता, कांही वेळां, फार खोल परीक्षा-गर्ता व परीक्षा-कूप घ्यावे लागतात. या देशांत परीक्षा-गर्ता खोदणे, बव्हंशी, दगड लागल्या की, थांबविले जाते. कधीकधी तितक्या खोलीपर्यंतही या गर्ता खोदत नाहीत. पण कांहीं देशांत दगड लागल्यावरही त्यांत परीक्षा-कूप खोदण्याचा प्रघात आहे.

२०. धारावेधन

अधिभारांतून सूत्रिका घेण्यास धारावेधन अगर मथनावेधन या कमी खर्चाच्या पद्धती वापरण्यांत येत आहेत. परंतु भूगर्भातील ज्या द्रव्यांतून हे वेधन होते त्यांच्या गुणधर्मांची माहिती मिळण्याचे दृष्टीने त्यांच्यावर भरवंसा ठेवता येत नाही.

धारावेधन पद्धतीत एका मोठ्या वेष्टनिकेत लहान नळी बसविलेले उपकरण वापरले जाते. आतील नळीच्या टोकांत एक तोटी बसविलेली असते. कधीकधी त्या तोटीला एक अड्डाही बसविलेला असतो. आतल्या नळीत दाबयुक्त पाणी भरतात. ही नळी बर खाली करून त्यांतील पाणी व आंतील द्रव्य यांचे मिश्रण वेष्टन-नलिकेच्या तोंडातून बाहेर पडते. त्यामुळे वेष्टनिका लहान नळीपासून सुटी होते; आणि ती आणखी खाली सरकविता येते. या-करिता एका तिबईवर बजन ठेवून वेष्टनिकेवर दाब दिला जातो. ही क्रिया पुनःपुनः खडक लागेपर्यंत पुनःपुनः केली जाते.

जसजसे, वेष्टनिकेतून द्रव्यमिश्रित पाणी बाहेर येते तसतसे ते पाणी सांठा विले जाते. सूत्रिकेतून जे जे द्रव्य बाहेर येते त्याचे, यावेळी बिनछडा व धुवून गेलेले नमुने आपणांस घेता येतात. सर्व वेळ, या प्रक्षालन-जलाचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करून आपणाला वाळू व खडी, अगर वाळू किंवा माती वा गाळमिश्रित वाळू यातून वेध होत आहे अगर कसे याची बरीचशी

कल्पना मिळू शकते. अधिभारातून छेद घेण्याची धारावेधन-पद्धति ही सर्वात कमी खर्चाची आहे. मात्र अधिभारातील द्रव्यांच्या गुणधर्मांची खात्रीलायक माहिती मिळण्याचे दृष्टीने ही पद्धति कुचकामी ठरते. जेव्हा वेधन व नमुने घेण्याचे काम चालू असते व ज्यावेळी आपणाम सूचिकेतील विशिष्ट भागांतील नमुने नकां असतात त्यावेळी त्या भागापुरती धारावेधन पद्धति वापरण्यास हरकत नाही. मात्र धारावेधन करण्यापूर्वी तेथील धावन धुवून बाहेर न टाकण्याची काळजी घेतली पाहिजे. (या प्रकरणातील अनुच्छेद २३ ते ३५ पहावेत.)

२१. मथना-वेधन.

मथना-वेधन पद्धतीत वेष्टनिकेत एक डोल किंवा चमचा वापरला जातो. हा डोल अगर चमचा ठराविक लांबीचा असावा लागतो. धारावेधन पद्धतीत पुष्कळच पाणी वापरावे लागते. त्या मानाने फार थोडे पाणी वेष्टनिकेत वापरलेले असते. पुष्कळ वेळा भूमिगत साठलेले नैसर्गिक पाणी या कामाकरिता पुरे पडते. डोल अगर चमच्याच्या तळाशी झडपी किंवा पुच्छ बसविलेले असते. त्यामुळे छेदन-नलिकेत द्रव्य आत येऊ शकते, बाहेर जाऊ शकत नाही. डोलाच्या तोंडाखाली विशेष प्रकारच्या नमुन्याचा चॉपिंग-तुकडा बद्धा बसविलेला असतो. वरच्या टोकाला बांधलेल्या दोराने अगर तारने डोल व चॉपिंग-तुकडा वरखाली हलवून सूचिकेतील द्रव्य डोलामध्ये ढकलले जाते. चमच्याचे कार्य चालू असतांना वेष्टनिका खाली ठोकली जाते आणि ती जवळजवळ भरत आली म्हणजे ती दूर करून आतील द्रव्य बाहेर काढण्यात येते. सूचिकेत आढळलेले वरेचसे द्रव्य नमुन्यात उपस्थित असते. पण ते मिश्रित, अंशतः सुट्टे, धुतले गेलेले असे असते. अर्थात् हे द्रव्य त्याच्या मूळ अवस्थेपासून पुष्कळच भिन्न असते. कांही वेधन उपकरणाबरोबर यंत्र-चलित मृत्तिका-वरमाहि पुरविलेला जातो. अधिभाराचे क्षुब्ध नमुने संपादन करण्याची ही एक नेहमीची कमी खर्चाची पद्धत आहे.

वर सांगितलेली ही नेहमीची कूप वेधनाची पद्धति अवजड साधने आणि विशेष प्रकारचे चॉपिंग तुकडे वापरून तुलनेने कठीण खडकांतही वेधन करता येऊ शकते याचे म्हणून या पद्धतीत सुधारणा केल्या आहेत. परंतु धारावेधन व मथना-वेधन या दोन्ही पद्धतीत कांही अंतरातील वेधन-नमुनेच फक्त मिळू शकतात.

माणसानी चालवावयाच्या मृत्तिका-वरमाहा उपयोज करून उपपृष्ठ-अन्वेषण करण्याची अगदी कमी खर्चाची "इवान" व इतर प्रकारची पद्धति उपलब्ध

साली आहे. अर्थात तीन आपणाम अशुद्ध (undisturbed) नमुने मिळू शकतात व जर खाणींतील अन्वेषण करावयाचे असेल तर त्याकरिता असे प्रयत्न नमुने उपयोगी पडतात. काही जमिनीत या पद्धतीने २० ते ४० फूटापर्यंत देखील वेधन करणे शक्य होते.

२२. अधिभारामधून परिभ्रामी वेधन.

परिभ्रामी गाभा-वेधन व हीरा-वेधन ही तत्त्वतः एकाच प्रकारची असतात. तळाशी कापता भेईल असे काटिण्य आणलेले धारदार पोल्हादी 'बिट' वापरून घट्ट चिकणमातीतून अगर घट्ट वाळूच्या अगर रेंगाच्या थरातून वेष्टनिका न वापरता काही समन्वेषण सूचिका खोदता येतील आणि त्या द्रव्यांचे स्तंभही काढता येतील. अगदी बारीक चिकणमानी व 'बॅटोताइट' यांच्या बऱ्याच दाट मिश्रणाचे वेधन द्रावण बनवून ते सूचिकेत वापरले जाते. परिभ्रामी वेधन 'बिट'च्या साहाय्याने द्रावणाचा सूचिकेच्या बाजूवर दाब दिला जातो. त्यामुळे बाजवांत पुरेगी धारकशक्ति निर्माण होते व त्या खडचा राहू शकतात—डासळत नाहीत. या द्रावणाचे वेधक—स्तंभावरही आवरण पसरते. पण अशा स्तंभांत त्याचा शिरकाव साधारणपणे अगदी कमी होतो. बरील प्रकाराने काढलेले घट्ट वाळूच्या स्तंभांचे नमुने लेखकाने पाहिले होते. ह्यांत वेधनद्रावण उंच उंचापेक्षां जास्त शिरलेले नव्हते असे त्याला दिसून आले. हीच पद्धत तेलखाणीच्या अन्वेषणांत विकसित पावली. पण वर वर्णन केलेल्या द्रव्यांच्या समन्वेषणांतही तिचा यशस्वीरीत्या वापर करण्यांत आला आहे. खडकापर्यंत वेधने साल्यावर जर हीरावेधन चालू करावयाचे असेल तर त्यापूर्वी अधिभारांतील सूचिकेत, प्रथम, वेष्टनिका बसवावी लागेल. कारण त्याशिवाय सूचिकेच्या बाजू कायम खड्या रहातील अशी खात्री नसते. अधिभारांतील द्रव्यांच्या समन्वेषणाकरिता परिभ्रामक वेधनयंत्र वापरण्यास स्वाभाविक मर्यादा असते.

अतिशय घट्ट अशा चिकणमातीत परिभ्रामी आवेधक पुष्कळ वेळा उपयोगी पडतो. 'ट्रिनिटी' वाळूचे व ज्यांत रिक्तता ०.२१ इतकी कमी असते अशा अतिशय सूक्ष्मकण असलेल्या वाळूचे उत्तम विनछडा नमुने टेक्सास आणि ओक्लाहोमा येथील डेनिसन धरणाच्या जागेवर मिळाले आहेत. परंतु, ही पद्धत, जाड वाळू आणि गोटे यांतील नमुने घेण्याकरितां यशस्वी होऊ शकत नाही.

२३. अधिभारातील बिनछडा नमुने घेणे.

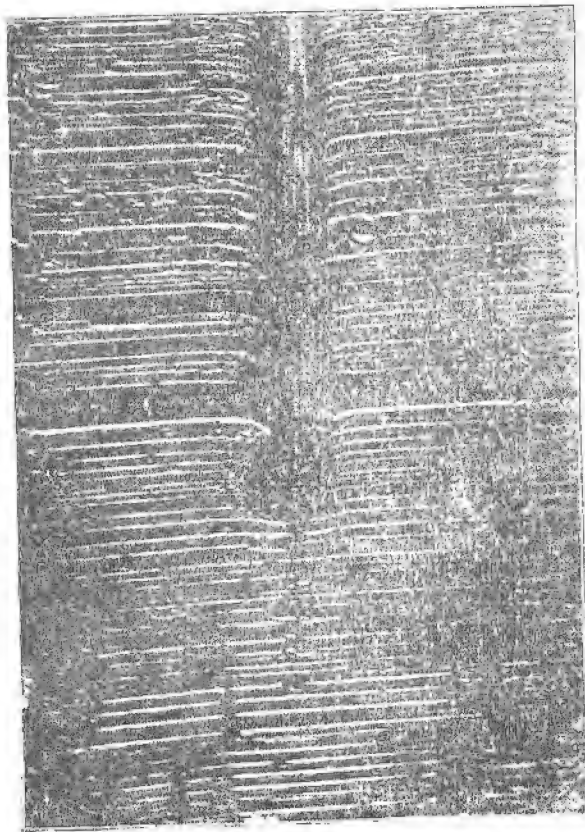
अधिभाराचे गुणधर्म, शक्ति व क्षरणगुण ठरविण्याकरिता त्यांतील द्रव्याचे बिनछडा नमुने घेणे आवश्यक असते आणि प्रयोगशाळेत त्याची परीक्षा-मालिकाच करावी लागते. चिकणमाती, रेग, व अतिमृदु सूक्ष्म कण असलेल्या वालूनील बिनछडा नमुन्यांची अशी चांचणी करणे विशेष जटिलच असते. जाड वालू आणि मोठे यांचे स्थैर्य किंवा स्वतंत्रविरोधी सामर्थ्य नेहमीच पुरेसे असते. म्हणून अशा द्रव्यांच्या बिनछडा नमुन्यांची परीक्षा करणे सामान्यतः महत्त्वाचे नसते. या द्रव्यांची क्षरणक्षमता पहाण्याकरिता हे द्रव्य विशुद्ध होण्यापूर्वी त्याची जेवढी घनता असते तिथी घनता असलेल्या नमुन्यांची क्षरणक्षमता तपासली तरी चालते. (प्रकरण १६ पहा.)

आपणास चांचणी करिता नमुने घेण्याचे चांचणी-गती हे उत्तम साधन आहे. कारण यांतील नमुने सर्व सामान्य उपयोगाकरिता बिनछडा नमुने म्हणून वापरता येतात. अडचण एवढीच की त्या गती खोल खणण्याकरिता येणारा खर्च! ५/६ फूट खोलीच्या उथळ गती कमी खर्चात घेता येतात म्हणून परीक्षा-गती पद्धति वापरता येते. कारण इतर पद्धतीत येणाऱ्या खर्चाइतकाच या पद्धतीतही खर्च येतो. परंतु ६० फूट खोलीच्या एका परीक्षा-गतीच्या किमतीत आपण वेळून व चालून-पद्धति वापरून अनेक बिनछडा अगर जवळ जवळ बिनछडा नमुने घेऊ शकू.

परीक्षा-गतीतील बिनछडा नमुना घेण्यापूर्वी तळाशी थोडीशी जागा, काळजी पूर्वक समतल करून घेण्यात येते. ८" X १२" आकाराच्या नमुन्याच्या गतीच्या चारी बाजू, नंतर काळजीपूर्वक कापून, अगर कोरून बाजूचे द्रव्य प्रथम माफ करण्यात येते. अशा नमुन्याच्या पांजी बाजूंना पॅरफिन लावले जाते आणि त्याच वेळी चीज क्लॉथची ३/४ वेष्टने त्या नमुन्यावर गुंडाळण्यात येतात. ही सर्व तयारी झाल्यावर या नमुन्यावर एक पात्र बसवून धारदार हत्याराने हा नमुना तळातून कापण्यात येतो. नंतर त्याची खालची बाजू वर करून तिच्या व आतां वर आलेली सूळची खालची बाजू हिलाही पॅरफिन लावण्यात येते. हे पात्र नंतर कापडांत गुंडाळून व याप्रमाणे पॅकिंग पुरे करून त्यावर चिटी लावली जाते. इतके केले म्हणजे हा नमुना प्रयोग शाळेत पाठविण्यास योग्य होतो. असा नमुना, जरूर पडली तर, चांचणी घेण्यापूर्वी पुष्कळ काळपर्यंतही सुस्थितीत राहू शकतो.

२४. त्रिकणमाती आणि गाळमाती यांचे चालन-नमुने घेणे.

परीक्षा-गर्तातून वितछडा नमुने घेणे जरी अत्यंत खर्चाचे असते तरी तसे ते वेणे मात्र आवश्यक असते. म्हणून वेष्टनिकेतून वितछडा नमुने घेण्याच्या गरजांचा विकास करण्यांत आला आहे. डॉ. एम. जूल यांनी यासंबंधी वर्णनात्मक व आकडेवार माहिती दिली आहे.^८



आकृति ७. मातीत नमुना-नली घुसविल्यामुळे झालेल्या विरूपतेचे चित्र
(डॉ. एम. जूल व्हाॅस्लेव्ह यांच्या सौजन्याने)

संदर्भ ८. रिसर्च इंजिनियरिंग कमिटी फार सेव्हिलस अँड टेरिटिंग साइल, मेकॅनिक्स अँड फौंडेशन इन्जिनिअरिंग-अमेरिकन सोसायटी ऑफ सिव्हिल इंजिनियर्स.

एंजिनिअरिंग फौंडेशनतर्फे, बिनछडा नमुने, मातीतून घेण्याची एकादी चांगली पद्धति शोधून काढण्याकरिता व त्या पद्धतीस लागणान्या उपकरणांचा विकास करण्याकरिता एक विस्तृत प्रकल्प आयोजित करण्यांत आला होता. त्यांत डॉ. व्होस्लेव्ह यांनी भाग घेतला होता. या विषयावरील अधिक माहिती वाचकांना "कमिटी ऑन् नॉटिंग अँड टेस्टिंग, अमेरिकन सोसायटी ऑफ सिव्हिल एंजिनिअरिंग" यांच्या अहवालांत मिळेल.

इतर गोष्टी समान असतील तर बिनछडा नमुन्याचा व्यास जितका जास्त तितका त्याला खर्चहि जास्त येतो. पुष्कळशा प्रयोगशाळेतील चांचणीकरिता लागणारे नमुने लहान व्यासाचे असले तरी चालतात. म्हणून बऱ्याचशा अन्वेषणांत २ इंची नमुनायंत्रेच जास्त प्रमाणांत वापरण्यांत येतात. त्या मानाने ४ $\frac{3}{4}$ इंची नमुनायंत्रे कमी प्रमाणांत वापरली जातात.

आकृति ७ व ८ वरून असे दिसून येईल की, चांचणी केलेले तथाकथित बिनछडा नमुने प्रत्यक्षांत पुष्कळच विक्षोभित झालेले असतात. आ. ९ मध्ये जवळजवळ बिनछडा असलेल्या नमुन्यांची कांचपट्टी (स्लाइड) दाखविली आहे.

२५. चिकणमाती आणि गाळमाती यांची नमुनायंत्रे.

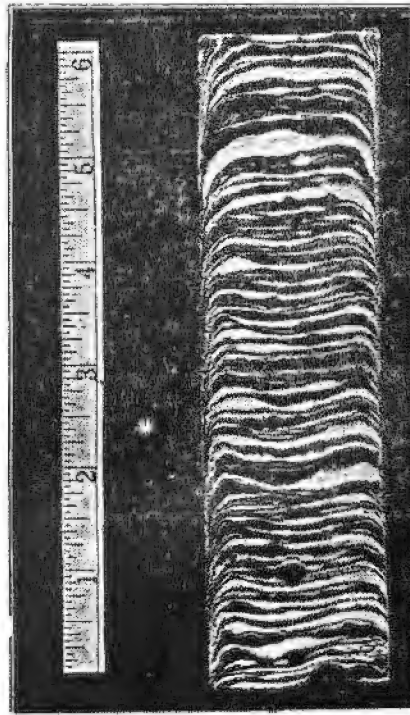
जागेच्या अभावी या ठिकाणी फक्त एका लहान नमुनायंत्राची व एका मोठ्या (४ $\frac{3}{4}$ ") नमुनायंत्राची माहिती दिली आहे. ही दोन्हीही नमुनायंत्रे सूचिकेमध्ये अंतिम बिनछडा नमुन्याकरिता वापरली होती.

ही नमुनायंत्रे व त्यांना लागणारी उपसाधने म्हणजे या उपकरणांत अलिकडे केलेल्या सुधारणेचा व एंजिनिअरिंग फौंडेशनने आयोजित केलेल्या प्रकल्पांत विकसित केलेल्या पद्धतींचाच एक भाग आहे. आकृति १० ते १३ यांत दाखविलेली उपकरणे डॉ. एम्. जूल व्होस्लेव्ह यांनी "रेमंड कांकीट पाइल कंपनीचे जिल्हा मॅनेजर, एम्. ए. मोहर व यू. एस. वॉटरवेज एक्स्पेरिमेंट स्टेशन विक्सबर्ग मिसि. यांचे सहकार्यानि तयार केली आहेत.

२६. नमुने घेतांना मातीची खराबी होऊ न देणे.

बिनछडा नमुना घेताना प्रथम हे लक्षांत ठेवले पाहिजे की, सूचिकेच्या तळाळगतच्या मातीची खराबी अगर तिचे गुणधर्मांत फरक होता कामा नये

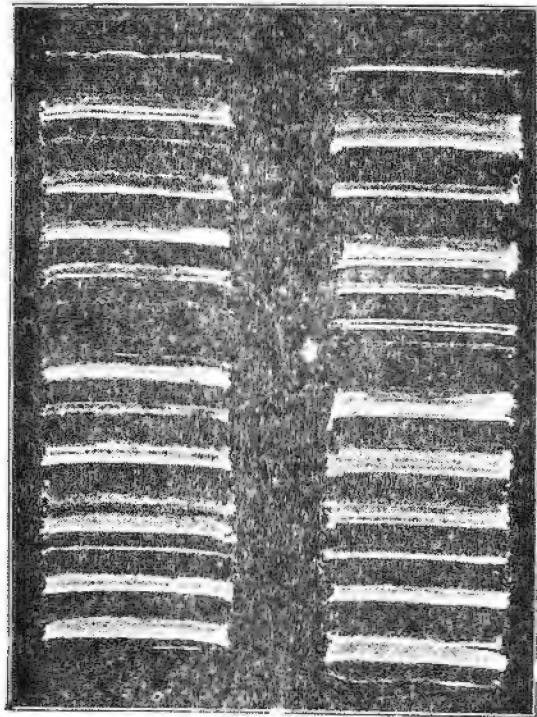
आणि भूजळाच्या पातळीवरील नमुना घेतांना वेधनछिद्र कोरडे ठेवले पाहिजे. नाहीतर माती थोडी जरी ओली झाली तरी तिच्यातील कणांत परिवर्तन होऊन त्यांचे सकृदृर्शनी असलेले संसंजन नाश पावते आणि नमुनायंत्र वेधन छिद्रातून बाहेर काढतांना अशा मातीचा नमुना निरुपयोगी होतो. नमुना-यंत्र बाहेर काढतांच वेष्टनिका सूचिकेच्या नव्या तळात घुसविली पाहिजे. लव्हा चिकण मातीतील सूचिका नेहमी कोरड्या ठेवतां येतात. पण नरम अगर अल्प प्रमाणांत संसंजन असलेल्या मातीचे जर थर आढळले तर त्यांतील सूचिकांत पाणी भरणें आवश्यक असते.



आकृति ८. ठोकून अगर मधूनमधून चालन करून मिळविलेले विशुद्ध विनद्यडा व्हावूड मृत्तिकेच्या नमुन्याचे चित्र (डॉ. एम. ज्यूल व्हॉस्लेव्ह यांच्या सौजन्याने)

सामान्यपणें भूजल-पातळीपर्यंत सूचिका खोल जाताक्षणींच तींत पाणी भरणेच सर्वांत विनद्योक्याचे असते. सूचिका प्रत्यक्ष फुटणें व त्यावेळीं सूचिकेच्या

छिद्रात कित्येक फूट माती साचणें ही कार गंभीर घटना समजली जाते. कारण यामुळे सूचिकेच्या तळाचे खाली अज्ञात खोलीपर्यंत ती मृत्तिका वक्षुब्ध होण्याची शक्यता निर्माण होते. अशा तऱ्हेची माती आढळल्यास सूचिका दाखल नये म्हणून नमुनायंत्राच्या कर्तन धारेच्या उंचीपर्यंत वेष्टनिका नीट उतरवावी आणि त्याच वेळीं वेष्टनिका आणि नमुनायंत्र यांच्यामधील माती बाहेर काढून टाकावी. याकारिता पाण्याचा झोट अगर बांगडीच्या आकाराच्या बरम्बाचा उपयोग करावा व नंतरच नमुनायंत्र बाहेर काढावे. प्रत्यक्ष नमुना घेण्यापूर्वी जर सूचिका योग्य प्रकारे साफ केली नाही तर पुष्कळ वेळां संपादित नमुन्याच्या बरच्या भागांत अतिशय क्षोभ निर्माण होतो. सामान्यतः वेल्स, वायुकापप किंवा झोटनलिका यांच्या माहाय्याने



आकृति ९. पॅकिंग करून काढलेला व्हॅरंड, मातीचा जवळजवळ विनछडा असा नमुना (मातीत सावकाश व सतत होणारे नमुना घेवाचे चलन.)
(डॉ. एम जूल व्हॅलेंव्ह यांचे सौजन्याने)

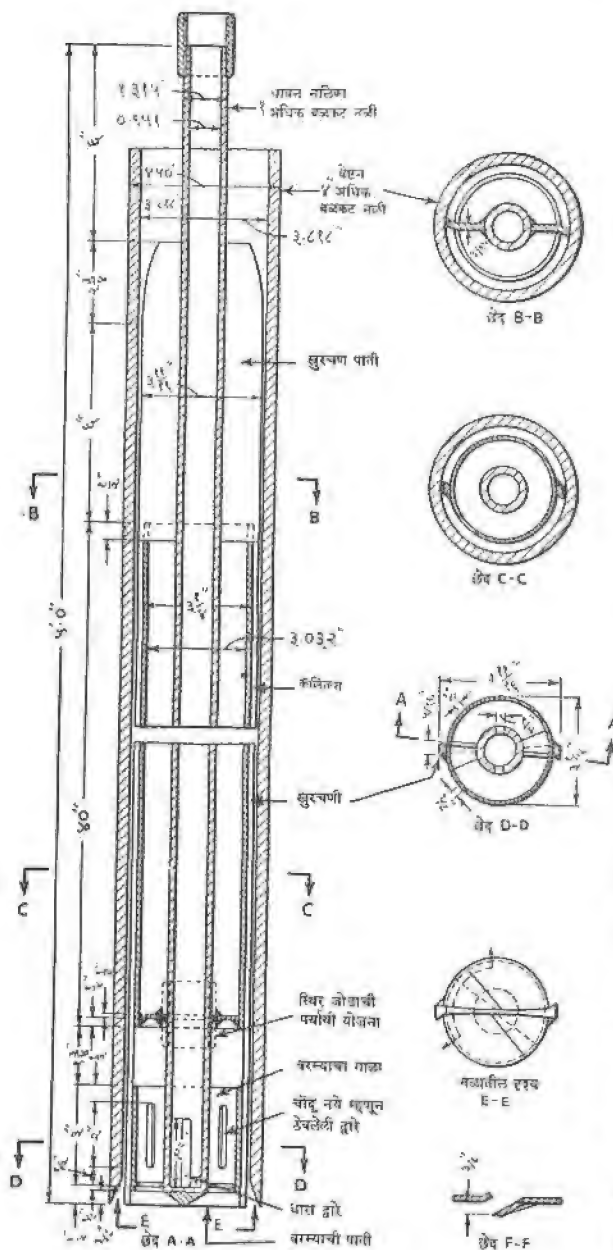
पाण्याने भरलेल्या या सूचिका स्वच्छ केल्या जातात. पाण्याचा जोराचा झोत जर सूचिकेच्या तळाशी टाकला, तर पुष्कळ खांदीपर्यंत मातीचे अपक्षरण होण्याचा संभव असतो. आणि त्यामुळे तयार झालेल्या नाळक्यांच्या आकाराचे छिद्रे, पुष्कळवेळा, झोतनलिका काढतेवेळी मिश्र व जाड अशा द्रव्यांनी भरले जाते. हे टाळण्याकरिता झोतनलिका अशी असावी की, वेष्टनिकेच्या बाजूवर जोर राखला जावा. मात्र झोतनलिका तिच्या तळाचे खाली वापरली जाऊ नये. सामान्यपणे, वेष्टनिकेच्या आतल्या बाजूस चिकटलेली माती काढणे थोडी उपकरणांच्या द्वारा शक्य होत नाही. सूचिका स्वच्छ करण्याची उपकरणे बाहेर काढण्याचे वेळी आणि नमुनायंत्र सूचिकेत उतरविण्याचे वेळी पाण्यातील तरंगत असलेले जाड मातीचे कण खाली वसतात.

२७. क्लीन-आउट वरमा व कॅलक्स.

थोडी अडचणी दूर करण्याकरिता आकृति १० मध्ये दाखविलेल्या ६ इंच वेष्टनिकेत वापरता येईल अशा "क्लीन आउट" वरम्याचा शोध करण्यांत आला. तसेंच २ $\frac{1}{2}$ " वेष्टनिकेकरिताही वरमा उपयोगांत आणला गेला. टोपीच्या तळातील बाजूवर झोत-छिद्रे असलेल्या झोतनलिकेच्या भोंवती क्लीन-आउट वरमा वसविण्यांत येतो. या झोतनलिकेस पातळ पट्याची नळी अगर कॅलक्स वरच्या बाजूस कल्ल्यांनी (Fins) बांधली जाते. तिच्या तळास बूच बसविलेले असते. तिच्या बाहेरच्या बाजूस धारदार असे दोन कल्ले अगर खुरचण्या बसविलेल्या असतात.

कॅलक्सच्या तळाशी एक आंबूड व जाड पट्याची नळी जोडण्यांत येते. त्या नळीत पाणी आणि माती जाण्याकरिता मोठी छिद्रे ठेवलेली असतात. तसेंच तिला पेच पाडून बैठक बसविलेली असते. या बैठकीचा सर्पिल वरम्या-सारखा दुहेरी उपयोग होतो. या बैठकीच्या बाजूवर अगरदी अरुंद अशा खाचा पाडलेल्या असतात. त्यांचा उपयोग वेष्टनिका आणि बैठकीचा खालचा भाग यांच्यामध्ये पाणी फिरविता यावे व तेथे गारा-निर्मिती न व्हावी व दगड माती बगैरे अडकून न रहावी म्हणून होतो.

झोतनलिका फिरविली म्हणजे बाजूच्या खुरचण्याने सुटे केलेले द्रव्य किंवा वरम्याच्या पातीमुळे बैठकीत ढकललेले द्रव्य, कॅलक्स व वेष्टनिका यांच्यामध्ये वेगाने धावणाऱ्या जलधारांनी वाहून नेले जाते. असे मातीमिश्रित पाणी कॅलक्सच्या वरच्या बाजूसून ज्यावेळी वाहू लागते त्यावेळी त्याचा वेग पूर्वीच्या पेक्षा एकदम कमी, अंशमात्र होतो. यामुळे जाड मातीचे गोळे कॅलक्समध्ये साचून रहातात व बारिक माती तेवढी बाहेर वाहून जाते.



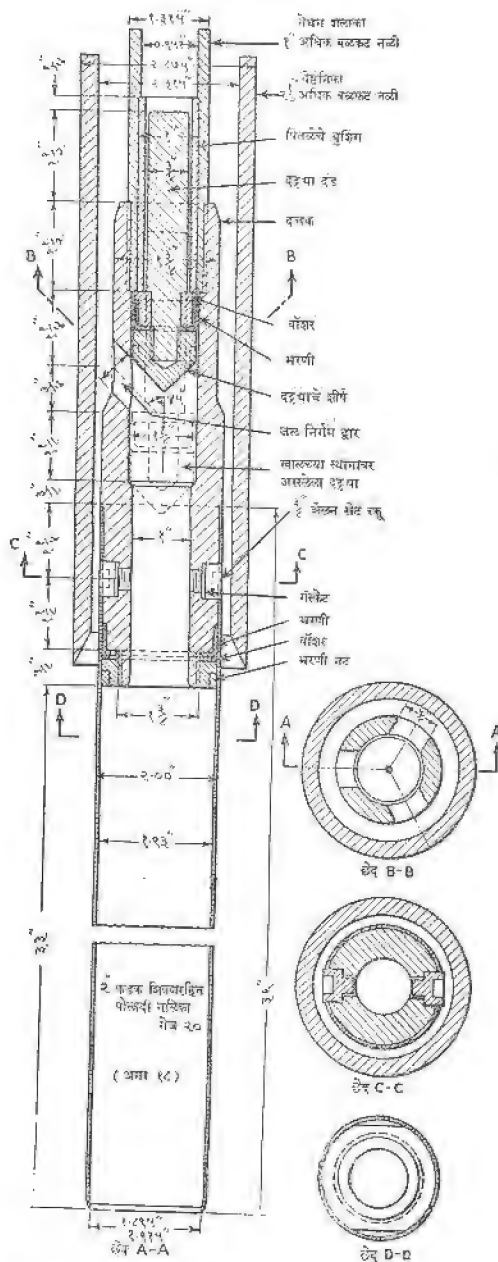
आकृति १०. कॅलिकुलसह शीत वरसा आणि खुरचणी. नमुने घेण्याच्या जरा आधी सूचिवा छिद्रे स्वच्छ करण्याकरता जेथे सूचिकांत हंची वॉटरमॅक वापरण्यात आली आहे तेथील उपयोगाकरता. (कॅलिकुल)

बैठकीत शिरलेले व धागजालात वाहत न गेलेले मातीचे गोळे तेश्चेच रहावे म्हणून बैठकीचा तळ खराच्या मातीत झाकून टाकलेला असतो. तो अणा-तऱ्हेने नापून वगवावा लागतो की, द्रव्य फक्त बैठकीमध्येच येऊ शकेल पण वरच्याच्या पातीपधील धारातून वाहेर फिकले जाणार नाही.

२८. लहान व्यासाचे नमुना यंत्र

मोझर यांनी, पथम, जी पातळ जाडीच्या किनबोड पोलादी नळीची नमुना-यंत्रे बनविली होती त्यांत अधिक सुधारणा करून बनविलेले नमुनायंत्र आकृति क्र. ११ मध्ये दाखविलेले आहे. यांत नळीचे खालचे टोक आतून हुमडून घेऊन "रीम" केलेले असते. त्यामुळे तेश्चे धारदार कर्तनशम कडा तयार होते. तिचा व्यास तेश्चाल मातीच्या अवस्थेतुसार नळीच्या व्यासाच्या अर्धा ते एक टक्का कमी असतो. दोन अँग्लन सेट स्कूनी ही नलिका वेधन-जालाकैम जोडलेली असते. आणि तिच्या दंतकयस्त्रीच्या खालच्या तळाशी चामड्याचे पेल्याच्या आकाराचे घट्ट मील बसविलेले असते. तीन धाराखेती धारातून आणि अँडॉप्टरच्या वरच्या टोकाच्या बाहेरील व्यासाचे आनुचन करून नलिकेत पाण्याचा अक्षिप्त प्रवाह पुरविला जातो. त्यामुळे वेगाने वेधन करीत असतांना नमुनावर जो तरल स्थैतिक दाब येतो तो उपेक्षणीय प्रमाणांत कमी होतो. नमुनायंत्र बाहेर काढते वेळी त्यांत दट्ट्या (पिस्टन) नाच्या नियंत्रक झडपेच्या साहाय्याने वातरहित स्थिति निर्माण केली जाते. नाशान्वयः उपयोगांत आणल्या जाणाऱ्या कंदुक नियंत्रक झडपा खातीलायक नमूना म्हणून दट्ट्यासारखी नियंत्रक झडपच वापरली जाते. जेव्हां पाणी भरलेल्या वेधन-कपात नमुनायंत्र नोडले जाते तेव्हा तेश्चाल तरल स्थैतिक दाबामुळे अँडॉप्टरच्या वरच्या भागांत दट्ट्या (पिस्टन) हलकला जातो. या ठिकाणी धारातून येणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाने नमुनायंत्राचा अडथळा येत नाही.

जेव्हां नमुनायंत्र सूचिते सरकविले जाते त्यावेळी वेधनशल्याचा एका पंक्ता वरच्या बाजूला जोडली जाते आणि पिस्टनवर तरल स्थैतिक दाब पाडला जातो. त्यामुळे पिस्टन आपल्या बैठकीत हळूहळू हलकला जातो. पिस्टन आणि अँडॉप्टर यांच्यामधील अंतर अशातऱ्हेने जुळवून घेतले जाते की, पिस्टनच्या बाजूने, पाणी फक्त वरच्या दिशेनेच जाऊ शकेल परंतु पिस्टनमधील चामड्याच्या टोंगामुळे ते खालच्या दिशेने जाऊ शकणार नाही. नमुनायंत्राचा पहिला भाग बाहेर काढण्यापूर्वी अपर बाहेर काढत असतांना काही क्षण ते यंत्र फिरविले पाहिजे म्हणजे अवभूमीपासून नमुना दूर वरता येईल.



आकृति ११. पिस्टन नियंत्रक झड़पयुक्त दोन इंची नलिका नमुनायंत्र (व्हास्लेव्ह)

नमुनायंत्र बाहेर काढल्यावर सेटस्कू काढून घेऊन त्यातील निर्वात स्थिति ताहिशी करण्यांत येते. नंतर नलिका व अँडॉप्टर दूर करणे शक्य होतें. नलिकेच्या बरील भागांतून नरम आणि विक्षोभित द्रव्य काढून घेऊन नमुनायंत्राद्वारे नलिका काढून टाकण्यांत येते. नंतर टोपी पॅरॅफिनने किंवा धातूच्या तक्क्या व चिकटपट्टी यांनी मोहरबंद करण्यांत येते. प्रयोगशालेत ही नलिका वारिक्त दात्याच्या हॅक्सॉकरवतीने कापून तिचे साधारण ६ इंच लांबीचे लहान लहान तुकडे केले जातात. टोकाशी असलेले खरबरीत भाग खुरचणीने साफ करून हा नमुना वर घट्ट बूच अगर लाकडी वाजू असलेल्या प्लॅजरने ढकलून बाहेर काढला जातो.

२९. मोठ्या व्यासाच्या नमुनायंत्राकरिता पातळ पट्याच्या पोलादी नलिका.

आठ इंच व्यासापर्यंतचे मोठे विनद्धा नमुने घेण्याकरिता पातळ पट्याच्या पोलादी नलिका यशस्वीरीत्या वापरण्यांत आल्या आहेत. मात्र चांचणी जर तावडतोव करावयाची नसेल तर अशा तऱ्हेच्या पोलादी नलिका वापरणे श्रेयस्कर नसते कारण त्यावर येणाऱ्या गंजात नमुन्यातील द्रव्याच्या गुणधर्मावर दुष्परिणाम होण्याची शक्यता असते. शिवाय नळीतून नमुना सुट्टा करण्यास आडकाठी येते. लहान व्यासाचे नमुन्यांचे वावतीत ही बाब तितकीशी गंभीर नसते. कारण त्या नमुन्याची चांचणी बरीच सोपी असते व ती साधारणतः तावडतोव करण्यांत येते. मोठ्या व्यासाच्या नमुन्यांची तपासणी तावडतोव करणे शक्य नसते म्हणून असे नमुने विनगंजाच्या धातूच्या नलिकामध्ये जपून ठेवणे श्रेयस्कर असते. पोलादी नलिकेऐवजी पितळी नलिका वापरता येते. परंतु अशा नलिकेचा पन्ना जाड असावा लागतो. पोलादी नलिकेतून नमुना दुसऱ्या धातूच्या भांड्यांत ठेवणेही शक्य असते. पण या जादा क्रियेमुळे नमुन्यातील माती विस्कळित होण्याची शक्यता असते. (हे टाळण्याकरिता) सामान्यपणे जोड नमुनायंत्र वापरले जाते. त्यांत पोलादी नलिकेच्या आंतील वाजूम गंजरहित धातूचे पातळ अस्तर बसविलेले असते.

कांही विविष्ट प्रकारच्या मातीच्या जमिनीत नमुनायंत्र गोल फिरवून मोठा नमुना वेगळा करणे जड जाते. अशा वेळीं बैठक असलेले यंत्र वापरण्यांत येते. नमुना कापता यावा म्हणून त्याच्या बैठकींत तार बसविलेली असते. यंत्रावर जाड व प्रभावी अस्तर बसविलेले असते. यामुळे त्याच्या वाजूची परिणामकारक जाडी वाढून नमुन्यांतील माती विस्कळित होण्याची शक्यता

वाढते. स्वीडिश पिस्टन नमुनायंत्र वापरून ही गैरसोय टाळता येते. या प्रकारच्या यंत्रामध्ये इतरही बऱ्याच सोयी केलेल्या असतात. प्रत्येक वेळी नमुना घेतांना पिस्टन शलाका जोडण्यांत व सुटी करण्यांत जरी जावा वेळ खर्च होतो तरी हा तोटा त्यांच्यातील इतर सोयीमुळे पुष्कळच भरून निघतो.

३०. मोठ्या आकाराचे वट्टा प्रकारचे नमुनायंत्र.

आकृति १२ मध्ये ४३ इंच व्यासाचे पितळेचे अन्तर असलेले पिस्टनटाइप नमुनायंत्र दाखविले आहे. यंत्राच्या शीर्षास नळी (barrel) जोडलेली असते. त्याच्या शीर्षात पाणी बाहेर टाकण्याकरिता तीन द्वारे असतात आणि पिस्टन-शलाकाशी अडकविण्यासाठी दुरुभंगलेल्या कोंनाची पाच बसविलेली असते. नळीच्या तळाचे टोक किंचित् वाहेरच्या वाजूस बळविलेले असते व त्यामुळे काढता घालता येणाऱ्या काटतलास बळकटी येते. याशिवाय भोंवतालची माती आणि नळी यांतील घर्षण कमी होण्यासाठी मदत होते. हा काटतल काढता घालता येतो व त्याचा व्यास अस्तराच्या आंतील व्यासापेक्षा ०.५ ते २ टक्के कमी असतो. कमी जास्त करता येण्यासाठी निरनिराळ्या व्यासाचे बरेच काटतल नेहमी हाताशी असणे फायद्याचे असते. त्यामुळे जागेवर मातीच्या गुणधर्मानुसार अस्तर आणि काटतल यांतील अंतर आपणांस पाहिजे तसे बदलता येते. अस्तराचा व्यास आणि काटतलाचा व्यास यांमधील फरकाने अस्तराच्या टक्केवारीत परिमाणन केले जाते. जर, आतील अंतर फार कमी झाले तर मातीचा नमुना विस्कळित होतो आणि ते फार जास्त असेल तर, नमुनायंत्र बाहेर काढतांना नमुनाच खराब होण्याचा संभव असतो. नळीच्या वाहेरील वाजूस आणि काटतलाच्या वर काटतारेचा एक वेढा बसेल अशी खोबण पाडलेली असते. नमुनायंत्र खाली मोडतेवेळी काटतलावरील खोबण अस्तरात झाकली जाते. यंत्रामध्ये शिरणाऱ्या मातीच्या योगाने अस्तर वर सरकण्याकरिता आणि काटतलावरची खोबण खुली रहाण्याकरिता अस्तराच्या वरची बाजू आणि नमुनायंत्राचे शीर्ष यांमध्ये किंचित् अंतर ठेवलेले असते.

अस्तराचे दोन भाग असतात. प्रत्यक्ष नमुनापेटी म्हणून तळातील चार फुटाचा भाग उपयोगी पडतो आणि बरच्या स्थिर भागांत पिस्टनचा बरचा भाग सामावता येतो. तसेंच नमुन्याची विस्कळित झालेली माती साठवून ठेवण्याकरिता त्या भागाचा उपयोग होतो. या बरच्या व खालच्या भागांतील जोड चिकटपट्टीने मोहोरबंद केलेला असतो.

कांही प्रकारच्या मातीच्या वायतीत एकाच वेधनांत ४ फूट विनछडा नमुने काढणे शक्य होत नाही. अशा वेळीं, अस्तराचा १० इंच वरचा भाग काढून त्या जागी अधिक लांबीचा भाग बसविणें आणि त्याच प्रमाणांत खालचा भाग कमी करणें उपयुक्त ठरते. वळकटीच्या दृष्टीनें, ५८ इंच लांबीच्या एकसंध अस्तराचा उपयोग करणें हे ज्वास्त श्रेयस्कर ठरते. मात्र त्यामुळे अस्तराचा वरचा भाग फुकट जातो. पिस्टन व नमुना यांमधील निर्वति-स्थिति नाहिशी व्हावी म्हणून अस्तर काढण्यापूर्वी पिस्टनचा वरचा भाग कापणे अवश्य असते.

नमुनायंत्र खाली करतांना पिस्टन व काटतल समतल असतात आणि छिद्रांतून घेणाऱ्या पाण्याच्या योगानें व पिस्टनदंड आणि यंत्राच्या वरच्या टोकातील रोधकवांगडीच्या जोडाने ते समतल स्थितीत ठेवले जातात. मातीचे अवशेष आणि बाहेरील इतर द्रव्य नमुना-नळीत जाण्यास पिस्टनमुळे अटकाव होतो. वेधनाच्या तळाशी नमुनायंत्र जाताच पिस्टन-दंड आच्छादनाच्या वरच्या टोकास अडकविला जातो. आणि त्यामुळे शोवंतालच्या मातीत यंत्र घुसवितांना पिस्टन एकाच पातळीवर ठेवणें शक्य होते.

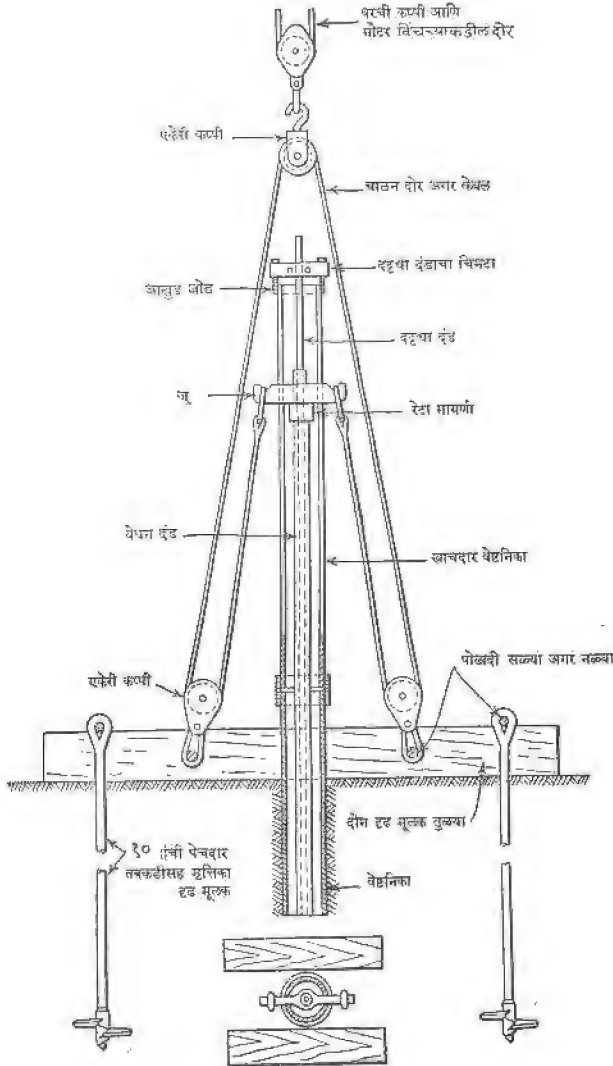
यंत्र खाली घुसवितांना प्रथमावस्थेत पिस्टनमुळे नळी व काटतल यांनी बाहेर टाकलेली अतिरिक्त माती आंत शिरण्यास प्रतिबंध होतो. अंतिम अवस्थेत पिस्टन व नमुन्याचा पृष्ठभाग यामधील दाब कमी कमी होत जातो व शेवटी तेथे निर्द्रव स्थिति निर्माण होते. यामुळे नमुना आणि अस्तर यामधील घर्षण कमी होते. तसेच नमुनायंत्राच्या खालील मातीवरील भार आणि मातीतील विशोभही कमी होतो. अशातऱ्हेने एका खेपेतच जास्त लांबीचा विनछडा नमुना काढणें शक्य होते. यंत्राच्या शीर्षातील कोनाच्या आकाराच्या पाचरीमुळे ते बाहेर काढतेवेळीं पिस्टन खाली सरकण्याची क्रिया थांबते. त्यामुळे पिस्टन दंड सुटा करणें सोपे जाते आणि नमुन्यावरील निर्वति स्थिति कायम राखण्यास मदत होते. यंत्र बाहेर काढल्यावर काटतल सुटा केला जातो आणि कोनाकृति आवरणाचे पेच थोडेंसे ढिले केले जातात. त्यामुळे पाचरीवरील पकड खुली होते आणि पिस्टनच्या साहाय्याने अस्तर बाहेर ढकलता येते.

३१. नमुनायंत्र जलद व न थांबता ढकलण्याचे महत्त्व.

नमुना आणि चांचणी घेण्यासंबंधी नेमलेल्या समितीच्या^१ अन्वेषणांत असे स्पष्ट दिसून आले आहे कीं, नमुनायंत्र जलद गतीने व न थांबता मातीत

तळटीप १ एंजिनिअरिंग फौंडेशनने आयोजित केलेल्या प्रकल्पासंबंधी सांख्यिकीय मेकॅनिक्स आणि फौंडेशन एंजिनिअरिंग डिझाइन, अमेरिकन सोसायटी ऑफ सिव्हिल एंजिनिअर्सचे अन्वेषण.

घुसविले तरच कमीत कमी विशीभ होऊन जास्तीत जास्त लांबीचा नमुना एकाच खेपेत काढता येतो. द्रवचलित उच्चालकाच्या साहाय्याने अशात-हेचे



आकृति १३. रस्तीकप्पीच्या साहाय्याने नमुनायंत्र मातीत घुसवून मातीचा नमुना घेणे (व्हासलॅव्ह)

नमुनायंत्र जलद व एकासारखे मातीत घुसविणें शक्य होते. अशातऱ्हेच्या उच्चाळकाच्या फेराची लांबी कमीत कमी नमुनायंत्राच्या प्रभावी लांबीइतकी असावी लागते. आकृति १३त दाखविल्याप्रमाणें रस्सीबन्पीच्या साहाय्यानेही ही क्रिया करता येते. मातीत यंत्र घुसवितांना पिस्टन रॉड अस्तराला अडकाविल्याची योजना आकृति १३ मध्ये दाखविली आहे.

३२. नमुनायंत्राच्या उपयोगाचे वर्णन

येथे वर्णन केलेल्या नमुनायंत्राच्या वाजुंची जाडी मातीत विक्षोभ कमी व्हावा म्हणून कमी ठेवलेली असते. चिकणमाती व रेग यांच्या वाढतीत ही यंत्रे प्रामुख्याने वापरण्यांत येतात. ती फार कठीण आणि अंशतः चिकट मातीच्या किंवा ज्यांत बऱ्याच प्रमाणांत वजरी असलेल्या द्रव्यांचें वाढतीत वापरता येईल इतकी बळकट नसतात. पिस्टनच्या उपयोगाने नमुन्याच्या वर जरी निवत अवस्था निर्माण केली तरी अतिशय मऊ, संपृक्त अगर आसंगहीन माती यंत्रामध्ये वेहमीच राहू शकेल असे नाहीत. त्यांत पूर्ण घर्षणक्षमता प्रस्थापित करण्याकरिता यंत्र मातीत घुसविल्यानंतर बाहेर काढण्याच्या आधी १०-१५ मिनिटें थांबणे सयुक्तिक असते. विक्षुब्ध पाण्यामुळे होणारी धूप आणि यंत्राचें खाली तरल स्थैतिक दावातील सहत्वपूर्ण घट टाळण्यासाठी पाण्याने भरलेल्या वेधनांतून नमुना-नळी अगदी हळूहळू वर काढणें इष्ट असते. या वर काढण्याच्या प्रक्रियेने नमुन्याची लांबी जितकी जास्त असेल तितका नमुन्याचा कांही अगर संपूर्ण भाग नाहीसा होण्याचा धोका कमी असतो. कांहीं मातीच्या वाढतीत, (चांचणीच्या दृष्टीने) वासदायक असणाऱ्या नमुनायंत्राच्या तळातून संदाबित वायूचा पुरवठा करण्यासाठी किंवा अस्तर खाली उतरवितांनाच यंत्र बाहेर काढण्यापूर्वी ते अस्तर व यंत्र या-मधील माती काढण्यासाठी एखाद्या सोयीस्कर पद्धतीचा अवलंब करणे जरीचे असते. यामुळे जर नमुन्याचा नाश थांबविता येत नसेल तर ज्यात नमुन्याचा गाभा सुरक्षित ठेवता येईल अशा तऱ्हेचे यंत्र वापरावे लागेल किंवा ते बाहेर काढण्यापूर्वी नमुन्याच्या तळातील कांही भाग घट्ट करण्याकरिता Fahlquist पद्धती वापरावी लागेल.

३३. आसंगहीन द्रव्यांचे नमुने घेणे

एकादी विशिष्ट प्रकारची वाळू जर आसंगहीन असेल तर तिला किंचित धक्का लागताच व तीवर वजन पडताच ती प्रवाहित होऊ लागेल किंवा ती बऱ्याच जास्त प्रमाणांत दवेळ. अशा द्रव्यांच्या नमुन्यांची चांचणी करतांना

त्यांची रिक्तता, घनता, क्रांतिक रिक्तता आणि स्वल्पनविरोधी सामर्थ्य अज-
सावण्यासाठी त्यांचे नैसर्गिक अवस्थेतील नमुने घेणे योग्य असते. असे नमुने
घेताना जर ती द्रव्ये भूमिजलाच्या पातळीखाली असतील तर जमिनीतील अशा
आसंगहीन द्रव्यांचे नमुने घेणे फार अवघड जाते असा अनुभव आहे.

जेव्हा अतिशय वारिक, सुटी व आसंगहीन द्रव्ये भूमिजल-पातळीच्या खाली
असतात आणि त्यातल्यातल्या जेव्हा ती फार वारिक आणि जवळजवळ एक-
सार (Uniform) असतात, तेव्हा त्यांतील थोडासाही विनछडा नमुना
घेणे अत्यंत अवघड व खर्चाचे होते. शिवाय हे नमुने खाणीलायक नसताना
आणि दुर्दैवाने अशातूनही द्रव्ये जर पाण्यात आढळली तर स्थापत्यशास्त्रज्ञांना
अनेक अडचणींना तोंड द्यावे लागते.

अशा द्रव्यांचे विनछडा नमुने घेण्याकरितां विविध प्रकारच्या नमुना-नलिका-
कांचा शोध केलेला आहे. काही वेळां अशा नलिकांत नमुना सुरक्षित रहावा
म्हणून स्प्रिंगफिंगर वा अन्य प्रकारची उपकरणे वापरण्यांत येतात. इतर-
वेळां पिस्टनमुळे निर्माण झालेल्या चूषणाचा (Suction) या कामी
उपयोग करण्यांत येतो. याशिवाय जडणांचाही अन्यत्र उपयोग करण्यांत येतो.
वरील बहुतेक पद्धतींत मातीच्या दोन थरांमधील घेतलेल्या नमुन्यांत सर्वच्या
सर्व द्रव्ये अंतर्भूत असतील किंवा सर्वच्या सर्व नमुना जवळजवळ विनछडा
राहील अशी खात्री देता येत नाही.

फोर्ट-पेक धरणांतील स्वल्पनाचे वाचतीत केलेल्या अन्वेषणांत नलिका-
पद्धतीने धरणांतील आसंगरहित द्रव्ये प्रथम मोठविली. नंतर अशा मोठ-
वलेल्या आसंगरहित द्रव्यांतून ३० ते ३६ इंच व्यासाची, कॅलिकस ड्रिले
वापरून, वेधने घेण्यांत आली आणि मोठ्या आकाराचे विनछडा गाभे काढून
त्यांचा अभ्यास करण्यांत आला. अशा विनछडा नमुन्यांच्या स्तरणापसून
मूल्यवान् माहिती उपलब्ध झाली आहे. आसंगहीन द्रव्याचा नमुना घेण्याची
ही पद्धत जरी खर्चाची असली तरी संकल्पचित्र तयार करण्याकरितां खरी व
खाणीलायक माहिती मिळविण्याच्या दृष्टीनें विशिष्ट स्थितींत तिचा अवलंब
करणे समर्थनीय ठरते.^{१०}

आसंगहीन द्रव्यांतील नमुना घेण्याच्या सामान्य पद्धतीत त्या द्रव्यांत इतका
क्षोभ निर्माण होतो की त्यांतील नैसर्गिक, व्यापक रिक्तता किंवा घनता

तळटीप १०. फोर्टपे धरणाच्या वरील बाजूच्या काही भागातील खलनासंबंधीचा कॉरपस ऑफ
इंजिनियर्स, यू. एस. आर्मी यांचा जुलै १९३९ चा अहवाल पहावा.

यासंबंधी खावीपूर्वक अनुमान काढता येत नाही. या अडचणीचे खावी दिलेल्या नमुना घेण्याच्या पद्धतीने समाधानकारक निराकरण करता येते. ज्यावेळीं नमुना-नळिका उच्चालकाच्या साहाय्याने खावी घुसविली जाते त्यावेळीं दट्ट्या स्थिर ठेवलेला असतो. आणि नमुन्याच्या वरच्या टोकाची पातळी जमिनीत निश्चित केलेली असते. तसेच गोठलेल्या मातीच्या दट्ट्याने तळाशील पातळीही निश्चित केली जाते. यामुळे स्थापत्यविशारदास या दोन्ही पातळ्यांमधील सर्व द्रव्य उपलब्ध होते.

३४. आसंगहीन द्रव्यांचे नमुने घेण्याची फॉलकिस्ट पद्धति.

वाळू आणि रेंग यासारख्या सूक्ष्म अशा आसंगरहित द्रव्यांचे विनच्छडा नमुने घेण्याची प्रस्तुत लेखकाना माहित असलेली सर्वोत्तम पद्धत प्राव्हिडन्स जिल्हा, युनायटेड स्टेट्स इंजिनिअरिंग खाते यांचे वरिष्ठ भूशास्त्रज्ञ फ्रँक-इ. फॉलकिस्ट व त्यांचे सहकारी यांनी विकसित केली आहे. या पद्धतीच्या विशिष्ट अंगाबाबत डॉ. एम. जूल व्हास्लेव्ह यांचा सल्ला घेण्यांत आला.

आकृती १४ व १५ मध्ये नमुना घेण्याची क्रिया आणि उपकरणांतील महत्त्वाच्या अंगांचे दिग्दर्शन केले आहे.

या योजनेंत खालील बाबींचा अंतर्भाव आहे :—

- १) जागेवर नमुनायंत्र व वेष्टनिका यांच्या चालनामुळे किंवा दुसऱ्या कांही शोभामुळे निर्माण झालेल्या स्पंदनासारख्या संघट्टनाचे परिणाम दूर होणे.
- २) बारीक वाजू असलेल्या पिस्टन-पद्धतीच्या नमुनायंत्रांत मातीचा नमुना घेण्याकरिता तें आंत घुसविण्याची क्रिया उच्चालकाच्या साहाय्याने करणे.
- ३) नमुनायंत्राच्या तळाशी तात्पुरत्या गोठलेल्या स्थिर मातीचा दट्ट्या तयार करणे. त्यामुळे द्रव्यांची हालचाल व नुकसानी थांबविता येते. हें उपकरण करणें इतरांच्या मानानें सोपे आहे आणि या पद्धतीच्या कारागिरीत काळजी आणि दक्षता घेण्याची तितकीशी जफरीही नसते.

या योजनेंत वेधनाचे वर ठेवलेल्या तिवईवर अडकविलेल्या रस्सी व कप्पीच्या साहाय्याने यंत्र एक सारखें पण जलद अशा उच्चलन क्रियेने पुढें सरकविले जाते. जमिनीमध्ये प्रतिक्रिया-कप्प्या जखडविलेल्या असतात. आणि ज्यावेळीं

प्रपात-रेषा (Fall-line) खेचली जाते त्यावेळीं आकृति नं. १३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे यंत्रावर, या प्रतिक्रिया-कण्यांच्या साहाय्याने खावच्या दिशेने एकसारखा दाब दिला जातो.

३५. काल्किस्ट नमुनायंत्र वापरण्याची रीत.

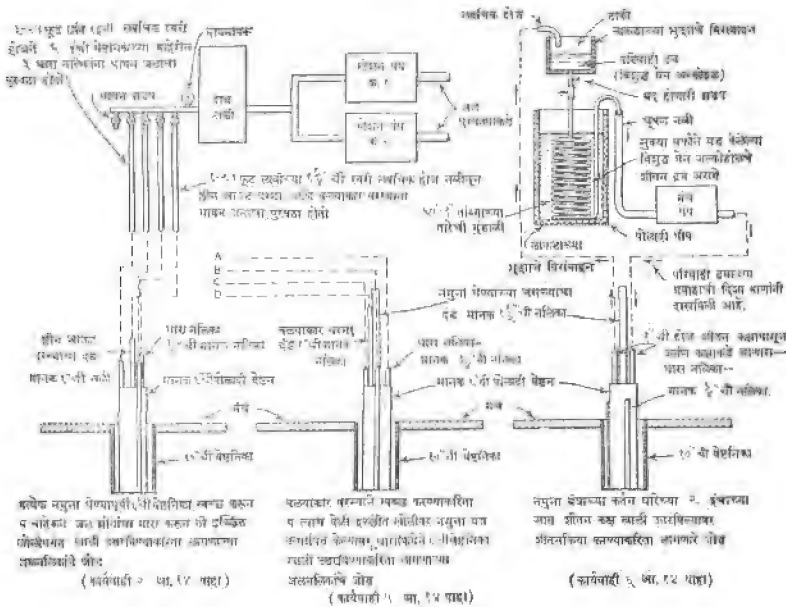
(अ) या पद्धतीत अधिभारांनीक नमुना घ्यावयाचा नसल्याने १० इंच व्यासाचे बाहेरील आच्छादन हाताने फिरवून अंतर्जोराने घुसविण्यांत येते. नंतर १० इंच आच्छादनाचे अंतर् ६" व्यासाचे सपाट जोड असलेले आच्छादन समकेंद्रित करून बसविले जाते. या १० इंच व ६ इंच आच्छादनामधील पोकळीमध्ये जोत-नळिका बसविल्या जातात. त्यांच्या साहाय्याने सहा इंच आच्छादन मातीत घुसविण्यांत येते. या नळिका आच्छादनाच्या काटलाच्या १० ते १५ फूट उंचीवर नेहमी बसवाव्या लागतात. हे सहा इंच आच्छादन एकाच वेळीं पाण्याने धुतले जाते व फिरविले जाते किंवा गेचकसले जाते. जेथून नमुना घेणे शक्य करावयाचे आहे तिथपर्यंतच ही क्रिया करावयाची असते. ही कृति आकृति (१४) (१) मध्ये दाखविली आहे.

(आ) या सहा इंच आच्छादनामध्ये कांटादंत अगळेला क्लीन आउट बरमा सरविल्या जातो. या बरम्याची शलाका एका राध्या नळीची बनविलेली असते आणि बरम्याच्या आडव्या जोतास लागणारे पाणी या नळीने जोराने सोडले जाते. याचा उपयोग बरमा हाताने फिरविण्याकरिता केला जातो बरम्याच्या अगदी निकटच्या बरच्या ब्राउस कॉलिस किंवा थ्राउड जोडलेले असते. सहा इंच आच्छादनामधील सफाई करताना बरगते मृत्कण गोळा करता येतात. यामुळे वाळू आणि मातीचे वारिक कण वेधनाच्या तळाशी माचण्यास प्रतिबंध होतो. न हून ज्या स्तरामधील नमुना घ्यावयाचा असेल त्याच्या डोक्यावर ते जमा होतील. बरमा फिरवून आणि पाण्याचा जोत थापकून सहा इंच आच्छादनांत सांचलेली माती, वाळू वगैरे बाहेर काढून धुण्याच्या पाण्याच्या प्रक्षेपेने ती बर नेली जाते. ही साफ करण्याची क्रिया ६ इंच आच्छादनाच्या तळाशी पोहोचेपर्यंत सतत केली जाते व क्लीन आउट-बरमा नंतर बाहेर काढला जातो. आकृति १४ मधील कार्यवाही (२) पहा.

(इ) २३ इंच अंतर्व्यास असलेली नमुना-नळिका नंतर नमुनायंत्रा बाहेरच्या बाजूवर अंतःस्थित बरम्याला जोडून बसविली जाते. या नमुनानळीत यंत्राच्या तळाशी पिस्टन समतल राहिल असा बसविलेला असतो. ही जोडणी सहा इंच

आच्छादन तळांत अगदी बरोबर बसवून जाऊनि १४ त कार्यवाही ३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे वेधनाच्या तळाशी सोडली जाते.

(ई) आकृति १४ कार्यवाही ४ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे महा इंच आच्छादनाच्या तळाचे खाली २८ इंच अंतरापर्यंत पूर्वी वर्णन केलेल्या पद्धतीने जलद पण एकसारखे, उच्चालना क्रियेत, नमुना घ्यावयाच्या स्तरात, ते ३६ इंची यंत्र घुसविले जाते, यावेळी दट्ट्या मात्र स्थिर ठेवल्या जातात.



आकृति १५: नमुना घेण्याची ठिकाणे. या चित्रात नमुना घेण्याची ठिकाणे दाखविले आहेत. नमुना घेण्याची ठिकाणे (A, B, C) दाखविले आहेत. नमुना घेण्याची ठिकाणे (A, B, C) दाखविले आहेत. नमुना घेण्याची ठिकाणे (A, B, C) दाखविले आहेत.

(उ) नमुनायंत्र व ६ इंच आच्छादन यामधील पोचलीतील माती काढून स्वच्छ वापरण्याकरिता आडव्या तोंत नलिका असलेल्या बलयाकार बरमा आणि आच्छादन खाली सरकविण्याची क्रियाही एकाच वेळी चालू केली जाते. ही क्रिया नमुनायंत्राच्या कांडतळाचेवर दोन इंच अंतरावर महा इंची आच्छादन पोचताच थांबविली जाते. पहा—कार्यवाही ५, आकृति १४.

(ऊ) नंतर बलयाकार बरमा, नमुना नलिका व महा इंची आच्छादन यांच्या

मध्ये असलेल्या जागेतून (ही जमिनीच्या पृष्ठभागापर्यंत पसरलेलीच असते) बाहेर काढण्यात येतो. नमुनायंत्राबाबती त्रिशिष्ट जागेपर्यंत तळाशी शीतपेटी सोडली जाते. आकृति १५ मध्ये सुस्पष्ट केलेल्या पद्धतीप्रमाणे ३०" सेंटिग्रेड तपमान असलेले अल्कोहोल १५ मिनिटांपर्यंत शीतपेटीत परिवाहित केले जाते. यामुळे कार्यवाही ६, आकृति १४ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे यंत्राच्या तळाशी सात इंच लांबीचा गोठलेला दट्ट्या तयार होतो. सहा इंची आच्छादन-नलिकेला शीतपेटी गोठून चिकटून बसली तर तीवर गरम पाण्याचा झोत सोडून ती सहज सुटी करता येते. गोठलेल्या दट्ट्यामुळे अडकून राहिलेल्या मातीसकट आत असलेले नमुनायंत्र नंतर वेधनकूप्यातून बाहेर काढून एका वाकावर ठेवण्यात येते. यावेळी शीतपेटीही बाहेर काढण्यात येते. पिस्टनमधून पेच असलेले वूच काढून, नमुन्याच्या वर आणि पिस्टनच्या खाली असलेल्या जागेतील निर्वात स्थिति नाहीशी करण्यात येते. नंतर, नमुनायंत्रामन पिस्टन व शीर्ष बाहेर काढून संपूर्ण नलिका पॅरॅफिनने मोहोरबंद करून प्रयोगशाळेत नेण्यात येते. जर चाचणीकरिता अविरत अभिलेखाची जरूर असेल तर आणखी एक नमुनानलिका बापरावी लागेल. ३ ते ६ या कार्यवाहीत दाखविल्याप्रमाणे आपणाला जी खोली पाहिजे तेथे पोहोचपर्यंत ही क्रिया पुनःपुनः करावी लागेल.

नमुना-नलिकेतील १३ इंच माती बाहेर काढून प्रयोगशाळेत तिची रक्कत आणि संतृप्तीची टक्केवारी निश्चित करण्यात येते. अशा तऱ्हेची निश्चिती १५ ते २० वेळा केली जाते. चाचणीकरिता जो लहानसा नमुना (दर वेळी) घेतला जातो त्याच्या लांबीवर आणि गोठलेल्या मातीच्या दट्ट्याच्या आकारावर ही क्रिया अवलंबून असते. दट्ट्या गोठलेल्या स्थितीत असेपर्यंत त्याचे काप काढून छायाचित्रण करून व पॅरॅफिन लावून तो पुनः पुढील संदर्भाकरिता सुरक्षित ठेवण्यात येतो.

जमिनीच्या खाली ५० फूट अगर जमिनीतील जलस्तराच्या ४५ फूट खोली पर्यंत वर वर्णिलेल्या उपकरणांच्या साहाय्याने व बरील पद्धतीस अनुसरून बिनछंदा नमुने काढण्यात यश आले आहे. अशा तऱ्हेची वेधने ५/५ फूट अंतरावर नमुने घेऊन व ५/५ वेधन-मजुरांच्या व एका निरीक्षकाच्या साहाय्याने पुरी करण्यात आली आहेत.

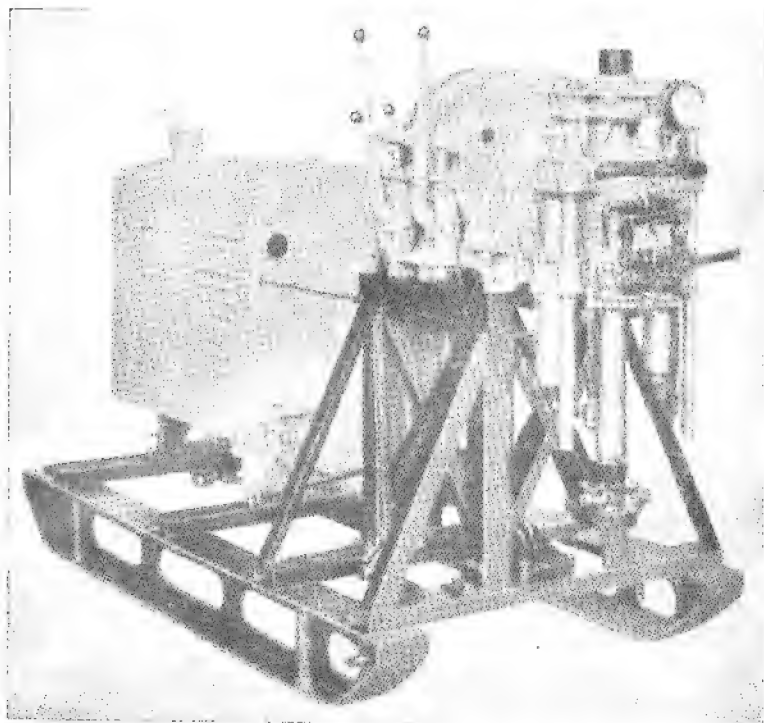
३६. हीरावेधन

पुस्तवान् (Ledge) दगडात समन्वेषणाच्या सूचिका घेण्याकरिता अत्यंत उपयुक्त उपकरण म्हणून हीरागाभा-वेधकाचा नेहमीच उपयोग करण्यात येतो. दगडाच्या थरातून वेधन करून त्यातील गाभा काढून स्थापत्यशास्त्रज्ञ व

भू-वैज्ञानिक त्याचा अभ्यास करतात. उद्देश हा की दगडातील पायाचे यथार्थ चित्र उभे रहावे व त्यात असलेले भ्रंश, सिवनी (Seams), पोकळ्या आणि गूणधर्मातील फरक यांची पूर्ण कल्पना यावी.

३७. हीरावेधक यंत्र

हीरावेधक यंत्र गॅसोलिन एंजिन, वाष्प एंजिन, डिजेल एंजिन, विद्युत्‌जनित किंवा वायुजनित यांच्या साहाय्याने चक्राकार फिरविले जाते. वेधनशलाकावर पाहिजे तितका दाब रहाण्याकरिता वेधकयंत्राच्या माथ्यावर एक पंचिकापूरण किंवा जलपूरण बसविलेला असतो. वेधनशलाका बरखाळी करण्यासाठी एक हवीस (Hoist) ही ठेवलेला असतो व सोपे जावे म्हणून वेधनावर एक तिबई



भाकृति १६. दुहेरी द्रवचलित फिरके शीर्ष असलेले हीरावेधन-यंत्र
(स्प्राग व हेनबुड)

(Tripod) नेहमी बनविलेली असते. या वेधनशलाका विशेष प्रकारच्या जाड पोलादाच्या बनविलेल्या व समतल सोपे असलेल्या असतात

कावत' या नांवाने साधारणपणे ओळखले जाणारे काळे हिरे अगर 'वॉर्ट्स' या नांवाचे अशुद्ध स्फटिकमय हिरे एका पोलादी बांगडीच्या कोंदणात बसवून, (वेधनयंत्राचा) काटतळ बनविलेला असतो. या बांगडीला सामान्यतः "डायमंड विट" असे म्हणतात. तिच्यावर एक गाभानलिका असते. जसजसे हे विट दगडांत भोक पाडत जाते तसतसा त्यातील गाभा या गाभानलिकेत जमा होत जातो. या गाभानलिकेच्या तळाशी गाभा उचलून घेण्याकरिता एक ताण बसविलेली छेदयुक्त बांगडी असते. त्यामुळे वेधनशलाका, गाभानलिका आणि विट बर उचलले जात असताना, गाभा नलिकेत अडकून राहते. ज्यावेळी ही क्रिया चालू असते त्यावेळी हिरेविट थंड रहावा व वेधनशलाकेच्या वाहेरून दगडाचे तुकडे बाहेर पडावेत म्हणून वेधनशलाकेच्या आंत, पाण्याने पाणी जोराने सोडले जाते. जेव्हा दुहेरी गाभानलिका वापरतात तेव्हा आतील नलिका गाभ्यावर बंद बसते आणि तिचे वरचे टोक बंद राहते. यामुळे वेधनशलाकेच्या आतील पाणी गाभानलिकेच्या आतील व बाहेरील नलिकांच्या मधील प्रोकळीतून बाह्य लागते. काटतळाच्या जागेजवळच्या ठिकाणाखेरीज गाभ्याच्या इतर कुठल्याही ठिकाणी या पाण्याचा संबंध येत नाही. जर या पाण्याचा दगडातील गाभ्याशी संबंध आला व तो दगड जर मऊ असला तर तो गाभा नाश पावतो असे अनुभवामा आले आहे.



आकृति १७. कास्टसेट (वॉर्ट्स) हीरेविट.

फक्त कठीण व अतिशय जड दगडा-खेरीज इतर दगडांच्या समन्वेषणा-करिता दुहेरी गाभानलिकाच वापरणे जास्त श्रेयस्कर असते.

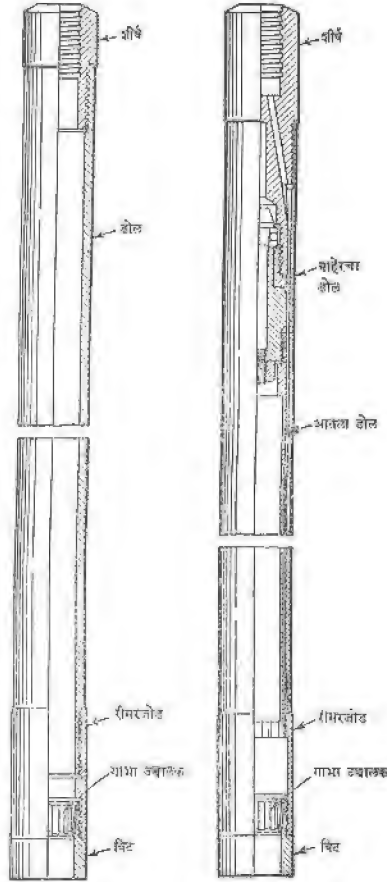
आकृति १६ मध्ये आधुनिक हीरायंत्र दाखविले आहे. आकृति १७त 'कास्ट सेट' हीरेविट दाखविला आहे व आकृति १८ व १९ मध्ये एकनलिका व जोडनलिका यांची गाभानलिका, हीरेविट गाभा उचलण्याकरिता, सुसज्जत केलेली दाखविली आहे.

३८. हीराबिटची सुधारलेली क्षमता

वेधनाच्या उपकरणात व त्याला लागणाऱ्या अवजारात व प्रत्यक्ष हीराबिट-मध्यस्थी अलिकडे सुधारणा झालेली दिसून येते. यापूर्वी बिट्स योग्य तऱ्हेने वसविण्याकरिता एक अगर दोन हिरे वसवणारे कारागिर जागेवर ठेवावे लागत. हिरे वसविणे ही अत्यंत कौशल्याची बाब असल्याने तिला फार खर्च येत असे. हल्ली बापरात येणाऱ्या बिट्स-मध्ये फारच लहान आकाराचे हिरे वापरले जातात; आणि बिट झिजून गेले की ते, बहुधा कारखान्यात पाठवून त्याजागीं दुसरे बिट वसविण्यात येते. अलिकडे जवळ जवळ ९० टक्के हीरावेधनात वॉर्टन हीराबिट वापरण्यात येतात. यापैकीं जवळजवळ सर्व बिट्स व विशेषतः प्रमाणित आकाराचे बिट्स यांत्रिकी साहाय्याने बगविलेले असतात किंवा 'कास्टमेट' असतात. पूर्वी हे हाताने वसविले जात. त्याऐवजी अलिकडे हे हिरे एका मिश्रधातूच्या संयोजिकेत वसवून या मिश्रधातूला गरम करण्याच्या प्रक्रियेत काठिण्य आणले जाते; आणि या काठिण्यामुळे वेधनाच्या वेळीं वर्षणासही बिट्स चांगल्याप्रकारे प्रतिकार करू शकतात. सध्यां बाजारात पुष्कळ प्रकारची कास्टमेटवॉर्टन हीराबिट्स मिळतात.

३९. गाभ्याचा व वेधनाचा आकार

मामनेपणाच्या वेधनाचे वेळीं फार



आकृति १८

एकेरी नळीचा
कोरबॅरल हीरा-
वेधक गाभा नळ

आकृति १९

दुहेरी नळीचा
कोरबॅरल हीरावेधक
गाभा नळ

(स्प्रांग व हेन बुड यांचे सौजन्याने)

लहान आकाराचे वेधन घेण्याची, पुष्कळ वेळा, चुक होते. त्यामुळे लहान व्यासाचाच गाभा मिळू शकतो. सामान्यपणे जिवका गाभ्याचा आकार मोठा. तितके त्यामधील गाभा जास्त टक्के मिळण्याची खात्री असते. नेहमीच जास्तीत जास्त माहिती कमीत कमी खर्चात मिळविणे श्रेयस्कर असते. पण असे करण्यात समन्वेषण-वेधनाचा उद्देशच, पुष्कळदा पूर्णपणे लयास जातो. सामान्यतः डबलकोर 'बॅरल' वापराने, मानक बी-एक्सपेक्षा लहान आकाराचे विट् वापरू नये. बी-एक्स विटने १५ इंच व्यासाचा गाभा मिळू शकतो. डायमंड-कोर-ड्रिल तयार करणाऱ्या नांवांनी खालील आकाराचे विट् वापरण्याची शिफारस केली आहे.

राष्ट्रीय मानक कार्यालय व्यापारी मानक सी. एस. १७-४२			
आकार कोर बॅरल विट्चे नांव	डायमंड विट बाहेरील व्यास (इंच)	वेधनाचा अंदाजी व्यास (इंच)	गाभ्याचा अंदाजी व्यास (इंच)
EXT	१ $\frac{3}{4}$	१ $\frac{1}{2}$	१ $\frac{1}{8}$
AXT	१ $\frac{5}{8}$	१ $\frac{1}{2}$	१ $\frac{1}{8}$
BX	२ $\frac{1}{8}$	२ $\frac{1}{2}$	१ $\frac{1}{2}$
NX	२ $\frac{5}{8}$	३	२ $\frac{1}{2}$

४०. वेधनातून अचूक माहिती मिळविण्याचे महत्त्व

गाभ्याची जास्तीत जास्त प्राप्ति करून घेणे अत्यंत जरूरीच असते. त्यामुळे अनुमानात ठरणाऱ्या बाबींची व्याप्ति पुष्कळच कमी होते. वेधनात, सूचिकेच्या खोलीइतक्या लांबीचा गाभा जर प्राप्त झाला तर शंभर टक्के पुनःप्राप्ति झाली असे मानले जाते. पुष्कळशा खडकात योग्य पद्धतीने, योग्य व्यास असलेली उपकरणे वापरून शंभर टक्के गाभ्याची प्राप्ति करून घेणे केवळ शक्य होते असेच नव्हे तर अनेक वेळा जवळजवळ ती प्रत्यक्ष मिळविलीही गेली आहे. ऐंशी ते नव्वद टक्के पुनःप्राप्ति मिळणे ही आता नित्याचीच बाब होऊन बसली आहे. अलिकडे तुकट्याच घडलेल्या खालील उदाहरणावरून वेधनांतील माहिती अचूक घेण्याचे महत्त्व समजून घेईल. एका बोगझाकरिता हे समन्वेषण केले होते. त्यावरून असे दिसले की, तेथील खडकांत कठीण क्वार्ट्झाइट आणि मऊ व चिकणयुक्त शेल अंतर्स्तरित झाले होते. सर्वात लहान व्यापारी आकाराचे EX विट् हिरावेधनात वापरण्यात आले आणि त्यातून ५ इंचाचा गाभा मिळाला. याकरिता सिंगलकोर बॅरल वापरले होते. याचा परिणाम असा झाला की,

मऊ चिकणयुक्त शेंकळे पूर्णपणे पीठ झाले आणि ते बाहून गेले आणि फक्त नवविंशतः तेवढे मिळाले. हा गाभा पेटीमध्ये ठेवतांना त्याचा जो भाग उपलब्ध झाला नाही तो दाबविण्याकरिता अंतरक ठेवण्यात आले नव्हते. प्रत्यक्षात चवथी २२ टक्के पुनःप्राप्ति झाली. पण अवळजवळ सराळे क्वार्ट्‌आइटच पुनःप्राप्त झाले होते.

मक्कंदारांना देण्याच्या संकल्पचित्रांत गाभाच्या पेटीतून वर दिव्दर्शित केलेली माहितीच मिळू शकली आणि त्यावरून एकसंघ व भक्कम असे क्वार्ट्‌आइट आहे असा आभास निर्माण झाला. मिलावदारांना गाभाच्या पेट्या आणि त्यांच्या माहितीवरून तयार केलेली मानचित्रे एवढीच माहिती उपलब्ध झाली होती. पण ही माहिती अत्यंत चुकीची होती. मक्कंदाराला दिलेल्या माहिती-प्रमाणे बोगद्यांत वजनी व खळकटे खडक प्रत्यक्षांत मिळण्याचे एवजी अवघड अशा खडकातून बोगदा काढावा लागला; व त्याकरिता त्याला जो जादा खर्च आला तो त्याने वसूलही करून घेतला.

अशा तऱ्हेच्या समन्वयेपणात चुकीची माहिती गोळा केल्याने वरील घटने-समाप्तेच वरान अतिशय खर्च करावा लागल्याची दृग्गोही अनेक उदाहरणे देता येतील. यावरून सूक्ष्मप्रकारचे समन्वयेपण व त्याचे योग्य निर्वाचन यांचे महत्त्व किती आहे हे स्पष्ट दिसून येईल. भूमिभातील परिस्थितीचे शक्य तितके यथार्थ संपादन करण्याचे कामी अत्यंत परिश्रम घेतले पाहिजेत कारण केवळ त्यामुळेच स्थापत्यशास्त्रज्ञांस भिनयौक आणि काटकसरीचे खाती-शायक संकल्पचित्र तयार करणे शक्य होते.

४१. मोठ्या आकाराची वेधने

द्वारावेधन-पद्धतीने करण्यात येणाऱ्या धरणाच्या समन्वयेपणाकरिता एक किंवा अनेक ३० ते २२ इंच व्यासाची वेधने घेण्याच्या नेहमींचा शिरस्ता असतो. अशा वेधनांचा मोठा फायदा हा की, ज्या खडकातून ही वेधने घेतली जातात त्यांच्या गुणधर्माविषयी कूटल्याही तऱ्हेच्या शंकेला जागा रहात नाही. हाविसच्या साहाय्याने “बोसन” खुर्ची अथवा पाळण्यातून स्थापत्यविशारद किंवा भूवैज्ञानिक अशा वेधनसूचिकेत उतरून तिच्या बाजूची, इंचाइंचाची तपासणी करू शकतो आणि अशा तऱ्हेने त्याला खडकाच्या जातीचे यथार्थ चित्रण करता येते फक्त या वेधनावर एकच आक्षेप घेता येईल की हे काम फार खर्चाचे आहे. हा खर्च साधारणपणे दर फुटास ४० ते ५० डॉल्स येतो, आणि साध्या हिरावेधनाला

लागणाऱ्या खर्चाच्या १५ ते ४० पट जास्त असतो. पुस्तकान खडकांतील या कृपतलिकेऐवजी ही (हीराबेधने) ससाधनकारक व काटकसरीचा पर्याय म्हणजे केली जातात.

४२. गाभे आणि नमुन्यांची देखभाल

गाभे आणि नमुने घेणे, ते हलविणे, (पेटीत) ठेवणे, या कृतींचे वेळी अत्यंत काळजी घ्यावी लागते. स्थापत्यविषयक भविजानांचे ज्ञान असलेल्या निरीक्षक वेधने वेष्ट्याचे वेळी नेहमी उपस्थित असला पाहिजे आणि वेधनातील कोणतीही वारिक वाय नजरेतून न सुटेल अशी त्याने काळजी घेतली पाहिजे. एकसारख्या आकाराच्या ब्रॅकट पेट्या गाभे ठेवण्याकरिता वापरण्यात येतात. साधारणपणे चार फूट लांब आणि १२ इंच रुंद अशा पेट्या वापरण्यात येतात. हा आकार सोयीस्कर असतो. या पेटीत माभा माबू शकेल इतक्याच रुंदीचे असे कोण ठेवलेले असतात आणि लागलीच त्यांत गाभे मांडून ठेवतात. स्तरातील गाभ्याची पातळी, त्याचे वर्गीकरण, आणि इतर माहिती चिकटपट्ट्यावर निरीक्षक लिहितो व त्या पेटीच्या आतल्या भागावर लागलीच चिकटवून ठेवतो. त्यामुळे भिळविलेल्या माहितीचा संपूर्ण दृश्य-अभिलेख म्हणून पेटीचा उपयोग होतो. पेटी पूर्णपणे भरताच तिच्यावर पेंचकमाने झाकण बसवून, ज्या पातळीपर्यंतचे गाभे पेटीत ठेवलेले असतात त्या वेधनाच्या माहितीची चिह्नी नोंद चिकटवून ठेवण्यात येते. या पेट्या, संतर, स्थापत्यशास्त्रज्ञ व भूवैज्ञानिक यांच्या अंतिम तपासणीकरिता पाठविण्यात येतात. ही तपासणी झाल्यावर अशा पेट्या सुरक्षितपणे गोंदामामध्ये कायमच्या ठेवण्यात येतात. कायम झाल्यावर या पेट्यांचा केव्हाही नाश करण्यात येत नाही. धरण पुरे होऊन पुढील वर्षे झाल्यावरही सार्वजनिक शासनाकडून केव्हा केव्हा धरणाच्या पायाच्या सुरक्षिततेबद्दल शंका येण्यात येते. अशा वेळी धरणाच्या मानकाला हा अत्यंत मौल्यवान पुरावा म्हणून उपयोगी पडतो.

४३. अभिलेखांची नोंद

वेधनाची कामगिरी ज्यावर मोघविलेली असते त्याला भूविज्ञानाची शोडीतरी माहिती असणे जरूरीचे असते. आणि या कामावर स्थापत्यशास्त्रज्ञांचे वारिक लक्ष अभावे लागते. हे अभिलेख, संपूर्ण माहितीसह तयार करून ठेवणे आणि त्यांतून कोणतीही महत्वाची वाय निमटून जात नाही ही पट्टणे असल्याचे आहं. हीराबेधनाचे वेळी जे पाणी वापरण्यात येते त्यातील गळती ही कधीकधी

मजबूतीचा वाव होऊन घसत. कारण ती खडकातील खुल्या व मोठ्या सिक्कीचे अग्निवत् दाखवू शकते. वेधनावर अनुक्रमांक घालवेत आणि त्यांच्या जागा निर्देशांक पद्धतीने ठरवून द्याव्यात. जसे—

$$\begin{array}{r} \text{न २२४१२.३} \\ \text{वेधन २२} \\ \hline \text{ई १४४५१.६} \end{array}$$

मुळाव्या वेळा आकड्याचा अक्षराची जोड दिल्याने त्या वेधनाचा प्रकार दर्शविता येतो. जसे, हीरावेधनाकरिता 'डी' हे अक्षर, परीक्षागताकरिता "पी", कूप-वेधनाकरिता 'क्यू'. गतांच्या माहितीच्या अभिलेखाशिवाय निरीक्षकाने रोजचा वेधवाकडी संपादित करावा. रोज किती वेधने घेतली, दैनंदिन प्रगति किती झाली याची व वेळावेळा उद्धवलेली परिस्थिती व घटना याबद्दलची माहितीही त्यात समाविष्ट करावी.

४४. दाब-परीक्षा साधन

वेधन पुरे झाल्यावर, पंप व सूचिकायंत्र वाहेर काढण्यापूर्वी, पाण्याच्या दाबाखाली, सूचिकेतील खडकात खुल्या सिक्की आहेत अगर कसे आणि खडक किती अंश आहे याची तपासणी करण्यात यावी. लेखकाने अनेक अन्वेषणांचे केली. अशा प्रकारची उपयोगात आणलेली दाब-परीक्षा साधने पाहिली आहेत. या उपकरणात, एका मोठ्या नलिकेत लहान नलिका बसविलेली असते. आकृति २० मध्ये दिलेली मापे २ इंच व्यासाच्या वेधनसूचिकेला उपयुक्त होतात. दोन इंचांपेक्षा सूचिकेचा व्यास जर जास्त असेल तर रबरची बांशर आणि लगतच्या पोलादी बांशरचा आकार फक्त बदलावा लागतो. हे ३ इंच नलिकेच्या नळाशी आवून आणि वाहेरून पेंच पाडलेले असतात आणि त्याचा एक वृच आणि घुस्मन बसविलेली असतात. वृचामुळे सूचिकेत खालून पाणी येऊ शकत नाही. घुस्मानावर एक पोलादी बांशर बसविलेला असतो आणि त्याचेवर अनेक रबर बांशर असलेले सील नळात बसविलेले असते. हे रबर-बांशर मोटारीच्या टायरच्या आतील टचूबला जे रबर वापरतात त्याचे केलेले असतात. फक्त त्याला शक्य असल्यास जास्त जाडीचे रबर वापरण्यात येते. त्याच्यामागे आणखी एक पोलादी बांशर बसविलेला असतो आणि नंतर त्यावर १२ इंच लांबीचा, भोके असलेला, एक इंच व्यासाचा तुकडा बसविलेला असतो. आतील हे ३ इंच नळोलाही भोके पाडलेली असतात. नळाला, खालच्या सीलच्या सारखेच बरही सील बसविलेले असते.

वर दाखविलेली नळ्यांची लांबी आणि मांडणी या कामाला आणि नळीची लांबी वाढविण्याला फार सोयीची असते असे आढळून आले आहे. नळीला बसविलेल्या तात्याच्या वांशरकडे (Locking washer) विशेष लक्ष द्यावे लागते. कारण, या लॉकिंगवाशरच्या तरतुदीमुळे, हे इंच नळिका, तुकडे जोडण्या किंवा काढतांना सूचित पडत नाही. एवढेच नव्हे तर हे उपकरण, गुंथिल बरखाली करताना बाहेरच्या आच्छादनावर भार पडतो. जर हा लांकडावर वापरला नाही तर बाहेरच्या आच्छादनाचा संपूर्ण भार शेवटच्या घुस्मतामुळे हे इंच नळिकेवर पडतो. आणि त्यामुळे घरचे आणि खांदजे मोकळे राहण्यासारखे ठाणले जातात. हा ताण खोल सूचिकांत इतका वाढतो की हे उपकरण बरखाची हलविणे जवळजवळ अशक्य होते.

४५. दाब-परीक्षा साधन वापरण्याची पद्धति

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे हे इंच नळीला बरच्या वाजूला एक अल्ट्राबाराफ बसविलेला असतो. हातपंप किंवा जोरपंप यांच्या सहाय्याने पाण्याचा पुरवठा केला जातो. नळीला एक साधा पाण्याचा मीटर बसवितात. निरनिराळ्या सिबनी किती घनफूट पाणी घेतात याची आणि पाण्याचा दाब व काल याची नोंद करून ठेवतात. छिद्राच्या संपूर्ण लांबीचाच जोड घेणे जकरीबे असते. या क्रियेस तळातून आरंभ होतो; उपकरणाच्या बरील वाजूच बट आवळण्यात येतो व त्यामुळे रवराचे वांशर ताणले जाऊन एक प्रकारचे सीलचे निर्माण होते. नंतर पाण्याचा दाब २५ पाँड करण्यांत येतो सीलची उंची, पाण्याचा दाब आणि ५ मिनिटांच्या अवधीत किती घनफूट पाणी घेतले याबद्दलची नोंद घेतली जाते. नंतर, याच सर्व गोष्टींची, पाण्याचा दाब १ चौ. इंचास ५० पाँड करून, पुनरावृत्ति करण्यात येते. नंतर सील सील करण्यांत येते. उपकरण एक फूट वर चढविताना आणि पुनः त्याच क्रिया केल्या जातात. याप्रमाणे छिद्राच्या तोंडाशी येईपर्यंत हे कार्य चालते. काही वेळा छिद्राची ही तपासणी संक्षिप्तपणेही करता येते. प्रथम बरच्या तोंडाची तपासणी करावी. त्यासाठी हे इंच नळीच्या तळातून वृच काढून घ्यावे. त्यायोगे संपूर्ण छिद्राची एकाच खेपेत तपासणी होऊ शकेल. जवळजवळ गळती नाहीच असे यावेळी आढळून आले तर छिद्राची बर लिहिल्याप्रमाणे फुटाफुटावर तपासणी करणे अनावश्यक ठरेल. छिद्राच्या आलेखावर या निष्कर्षाची नोंद व्हावी. त्यांत निश्चित स्थान, उंची व सर्व उघड्या सिबनींची आधेयता दर्शविली जावी. सर्वात मऊ सँडस्टोनपासून मायकाशिल्ट, ट्रॅप व ग्रॅनाइट यांपर्यंतच्या विविध

नमुनेच्या खडकाच्या पायांचे नमुने तपासतांना जी भरपूर अनुभव आला त्या-
नांवरून ही उपकरणांची कल्पना सुचली. जी जी परिस्थिती आढळण्याची शक्यता
आहे त्या त्या परिस्थितीला हाताळण्यासाठी हे उपकरण उपयुक्त ठरेल असा
विश्वास वाटतो. (अर्थातच) खडकाचा थराच ज्यामुळे विस्कटेल इतका दबाव
न आणण्याची दक्षता मात्र घेतली पाहिजे.

४६. वेधनछिद्रांची पारदर्शीय व स्पर्शक तपासणी

सहा इंची अगार जास्त व्यासाच्या वेधनछिद्रांच्या वावतीत, दूरदर्शिकेच्या
साहाय्याने, वेधनछिद्रांच्या बाजू वरून प्रत्यक्षपणे तपासणे शक्य आहे. त्यासाठी
छिद्राभोवते सोडलेल्या नळीत, टोकाच्या एक विशुद्धीय व आरसा वमवावा.
याच्या एक सल्ल्यावाचित्रयंत्र जोडले की छिद्रांच्या बाजूची एक ह्यायाचित्र-
मालिकाच मिळणे सुलभ होईल.^{११}

नॉर्मल धरणावर वेधने घेण्यासाठी व अभिलेखासाठी स्पर्शकांचाही उपयोग
केला जातो. उपकरणांचे दोनीही बाहू छिद्रांच्या भितीवरून सरकवीत गेले.
बाहेर भिकवी येताच बाहू उघड्या जागी येत. वर पृष्ठभागावर एक विशुद्धीय
प्रकाशित होई. सगळे तारेच्या (केवळच्या) पुढील हालचालींनी ते बाहू पुनः
सायंकमण करू लागत.^{१२}

४७. द्रव्यांची उपयुक्तता ठरविण्याची डोवळ पद्धति

धरणाच्या जागेच्या अन्वेषणाचे संवधान तेथेच शक्यचित् तयार करतांना व
वांछकाम प्रत्यक्ष सुरू करतांना द्रव्यांच्या इष्ट असलेल्या परीक्षाणांची तर्चा
१६ व्या प्रकरणात केली आहे. परंतु, धरणाच्या संभाव्य जागेच्या पूर्व पहाणीचे
वेळी सुसज्जित प्रयोगशाळेची सुविधा, पुष्कळ वेळा, सहजासहजी उपलब्ध होत
नाहीं. धरणाच्या जागेचे व तेथे मिळणाऱ्या द्रव्यांचे व खाणीचे वारकाईने
परीक्षण करण्यापूर्वी निरास पद्धतीने तांबल्या त्यात खातीलायक जागा निवडणे
अगत्याचे असते. निरीक्षणाने व अगदी सोप्या व स्थूल चांचणीने कॉक्रीटचे,
मातीचे, जाहूरस्थापित अगर अस्मनस्थापित धरण बांधण्यासाठी नेथील द्रव्ये योग्य
आहेत अगर कसे पावटल सन्निकट व साधारण पहाणी करणे उपयुक्त ठरते.

तळदीप ११. "नॉर्मल धरणाव्याखाले गाराभराई केलेली हजारो छिद्रे" इंग्लीश न्यूज रेकार्ड
नोव्हें. २१, १९३५. पान ६००.

१२. "धरणाच्या पायांत गाराभराई करण्याला साहाय्य करण्यासाठी विकसित
झालेल्या अद्वितीय युक्त्या." न्यू इंग्लीश-न्यूज रेकार्ड ८ आ. १९३५. पान १०९.

धरणाच्या जागेवर अगर जवळपास, पुस्तवान्, उघडावांडका व कठीण खडक आढळला आणि हातोडीने सहजामहजी त्याचा चुरा होत नाही असे दिसले आणि तो सहजामहजी झिजून गेल्याची चिन्हें जर दिसली नाहीत आणि तेथें जागेवर झिरपण्याची निशाणी दिसली नाही तर तेथील परिस्थिती धरणाच्या पायास उपयुक्त आहे असें मानण्यास हरकत नाही. मग तेथील जागेचे तपशीलवार अन्वेषण व परीक्षण करणे समर्थतीय ठरेल.

काँक्रीटच्या धरणाला लागणाऱ्या अगर अश्मपटलाला उपयोगी पडणाऱ्या दगडांच्या खाणीच्या पहाणीचे वेळीं जर आपणाला कठीण व घट्ट दगडाची वडा उघडी पडलेली आढळून आली, हातोडीने आघात केल्यावर तिचे वारिक वारिक पदर निघत नाहीत असें दिसून आले आणि तेथील दगड लवकर झिजत असल्याची चिन्हें आढळली नाहीत तर तो खडक काँक्रीट आणि अश्मपटलाला उपयुक्त होईल असें मानावयास हरकत नाही. आणि प्रकरण १६ मध्ये केलेल्या चर्चे-नुरूप अधिक अन्वेषण व चांचणी करण्यास हरकत नाही.

जर तेथील वाळू आणि रेग सुसंस्तरित आणि वट्टशी क्वार्ट्ज अगर कठीण अशा आग्नेय किंवा कायांतरित दगडापासून बनलेली आढळून आली तर ती काँक्रीटमध्ये मिलावा म्हणून वापरण्यास बहुधा उपयुक्त ठरतात. ती स्वच्छ नसल्यास धुवून साफ करता येतात. तेथील चर्ट किंवा अनाकार स्फटिक जर कठीण असेल तर तेही वापरण्यास हरकत नसते.

फार सूक्ष्म कण नसलेली वाळू व रेग, मातीच्या धरणाच्या बांधकामाच्या पूर्वभागांत वापरण्यास उपयोगी पडतात.

जर अशी वाळू अगर रेग पाण्याने भरलेल्या बादलीत टाकून हलविली आणि ते पाणी फार राड झाले तर ते काँक्रीटमध्ये मिलावा म्हणून वापरण्यापूर्वी धुवून घेतले पाहिजे.

मातीच्या धरणाच्या अंभेद्य भागात वापरण्यात येणारी, खाणीतून काढलेली, आसंगीन माती हातात घेतली आणि चांगली चोळून, साध्या पेन्सिलीच्या व्यासाच्या आकाराच्या तिच्या लोळ्या केल्या आणि त्यावेळीं जर त्या किंचित् विशीर्ण होऊ लागल्या आहेत असें दिसले तर अशा मातीत असलेला ओलावा, ती माती योग्य उपकरणांचे साहाय्याने सुसंहित करण्याचे वेळीं अडथळा आणील इतका जास्त नाही असें समजावे. मातीच्या नम्यतासीमेची चांचणी करण्याची

ही एक स्थूल पद्धति आहे. (पहा प्रकरण १६.) जर मातीत पुरेसा आंलावा नसेल तर आणखी पाणी घालणे हें नेहमीच सोपे असते. परंतु ते पाणी अतिशय जास्त झाले तर ते धोकादायक ठरते. जर अशा मातीत वाळू आणि रेग असली व पुरेसा प्रमाणांत चिकटपणा घेण्यासाठी चिकणमाती किंवा दगडाचे पीठही असेल आणि ती हाताने मळून तिला बशीचा आकार दिला व तीत बराच वेळ पाणी राहू शकले तर मातीच्या धरणांतील अभेद्य भागाकरिता ती उपयोगी पडेल असे मानता येते.

वाळू व रेगमिश्रित अशा मातीच्या सूक्ष्म कणात फार प्रमाणांत जर 'क्लील' द्रव्य नसेल तर अशा प्रकारची बहुतेक सर्व माती बाह्यस्थापित धरणात वापरण्याकरिता उपयोगी पडते. (पहा अनुच्छेद ३, प्रकरण १६.)

अशा मातीची अंदाजी द्रवप्रेरकता ठरविण्याकरिता वर निर्दिष्ट केलेले सूक्ष्म ळण असलेली थोडीशी माती घ्यावी; आणि २२०^० फॅरेनहीट उष्णतामानापर्यंत ती तापवून कोरडी करावी. नंतर ही दामटी झालेली माती बोटानी चुरडून तिची पूड करावी आणि तिचा कांही भाग एक इंच ऊंची पर्यंत अनेक कोरड्या चाचणी-नलिकांत सोडावा. नळीला बोटाने ठोके मारावेत व ती बोटाने हलवावी. आंतील माती नळीत आणखी खाली बसत नाही असे झाले म्हणजे तिच्याभोंवती चिकटपट्टी लावून खूणचिष्टी बसवावी. नंतर ती चाचणी-नलिका मुसारे ३ पाण्याने भरावी; मग तिचे तोंड आंगठ्याने बंद करून त्यातील मूकण तरंगत रहातील इतकी हालवून उभी करून ठेवावी व तिची बरचेबर पहाणी करावी. चोवीस तासानंतर एका विशिष्ट विदूषपर्यंत, पाण्यांत, ती माचून राहिली व त्या साचलेल्या मातीचे घनफळ, (चिकट पट्टीने दर्शविलेल्या) कोरड्या मातीच्या घनफळाच्या दीडपटीहून जास्त नसले तर ती माती बाह्यस्थापित धरणाच्या आंतील गाभ्याच्या (Core) द्रवप्रेरणेकरितां संपूर्णपणे उपयुक्त आहे असे समजावे. उलटपक्षी, जर असे दिसून आले की ती माती कोरड्या अवस्थेतील आयतनाच्या (Volume) २ $\frac{1}{2}$ ते ३ $\frac{1}{2}$ पट वाढली, तर बाह्यस्थापित किंवा अर्धबाह्यस्थापित धरणांतील गाभ्यातही वापरल्यास ती बहुतेक फुगून जाईल. म्हणून हे द्रव्य गाभ्यात माठ्या प्रमाणांत वापरता येणार नाही किंवा जर तें वापरणेंच जरूर असेल तर त्यातील सूक्ष्मकण निघून जातील अशी कांहीं तरी योजना करावी लागेल. बरील प्रमाणात फुगणाऱ्या मातीत कोलाइड्सचें प्रमाण जास्त असते व हें द्रव्य फारच कमी संकोच पावलेले असतें असें बरेच आठवडे सतत केलेल्या निरीक्षणावरून आढळून आले.

अशा मार्गाची उपयुक्ता गुणात्मकरीत्या ठरविण्याकरिता, शक्तिमान् अशा जमिनीवर वापरण्यात येणाऱ्या सूक्ष्मदर्शी यंत्राचा उपयोग होतो. २०० अंगर व्यापेक्षा जास्त पट आवर्धनशक्ति असलेली सूक्ष्मदर्शी यंत्रे हल्ली उपलब्ध आहेत. एका लहान पेट्रीन ती घडी करून डेवता येतात आणि खिशांतून सहजपणे नेता येतात. खडकाचा ०.००५ मि. मी. व्यासाचा कण २०० पट मोठ्या अशा एखाद्या गोठ्याएवढा दिवू लागतो. या आवर्धनाने ते कण स्विकृत असल्यासारखे भासतात आणि त्यांना निश्चित अशा स्फटिकाकार नसतो कारण ते कण मोठ्या प्रमाणांत कोलायडल असण्याचा संभव असतो आणि त्यांचा व्यास ०.००२ मि. मी. पेक्षा कमी असतो.

वरीलप्रमाणे ठोकळपणे केलेल्या, जाणवरील चाचणीने आणि निरीक्षणांनी अनुभवी स्थापत्यशास्त्रज्ञ, साधारणपणे उपलब्ध अशा (माती वगैरे) द्रव्यांची उपयुक्ता निश्चित करतो. (धरणाचा लावणारी) माती मुख्य वगैरे द्रव्ये आणि जासा यांची संकीर्णपणे निवड होताच, प्रकरण १६ त उद्घापोह केलेल्या पद्धतीने प्रयोगशालेत मोठ्या प्रमाणावर त्यांची चाचणी करण्यात येते.

४८. संदर्भग्रंथांची यादी

- वरिन जे. मीड, "इंजिनरिंग जिऑलजी फॉर डॅम साईट्स", सेकंड कॉग्रेस ऑन लार्ज डॅम्स वॉशिंग्टन डी. सी. १९३६.
- आयर्विंग बी कॉस्बी, "इंजिनरिंग जिऑलजी प्रॉब्लेम्स अँड काँचाम डॅम, न्यू मेक्सिको", ट्रॅन्स. अमे. सो. मि. इं. खंड १०५, १९४०, पान ५८५.
- आर. एफ्. लिगेट, "जिऑलजी अँड सिव्हिल इंजिनरिंग", डी. इ. मॉर्ट्रिशल शाखा कॅनडा येथे सादर केलेला प्रबंध, जानेवारी १८, १९३४.
- मॉरिस आणि पिअर्स, "ए कॉन्क्रीट ग्रीव्ह्हीटी डॅम फॉर ए फॉल्टेड माऊंटन एरिया", इं. न्यूज रेकॉर्ड, डिसेंबर २७, १९३४, पान ८२३.
- आय. इ. हाऊक, "न्यू डिझाईन फीनिश इन बुइलबुड डायव्हर्जन डॅम", इं. न्यू. रेकॉर्ड, ऑक्टोबर २७, १९२७, पान ६६०.
- "यूनीक डिव्हाइस डेव्हलप्ड टु एड डॅम फाउंडेशन ग्राउटिंग", इं. न्यू. रेकॉर्ड, ऑगस्ट ८, १९३५, पान १९१.
- "श्राऊजंड्स ऑफ होल्स ग्राउटेड अंडर नॉरिस डॅम", इं. न्यू. रेकॉर्ड, नोव्हेंबर २१, १९३५, पान ६९९.
- ई. आर. शेपर्ड, "मॉनिग फॉर फाउंडेशन वेड्स बाय इलेक्ट्रिसिटी अँड माउंड", इं. न्यू. रेकॉर्ड, ऑगस्ट १५, १९३५, पान २२८.

- ई. आर. जेपर्ड, "दि सीस्मिक मेथड ऑफ एक्सप्लोरेशन ऑप्लाइड टू कन्स्ट्रक्शन प्रॉजेक्ट्स", मिलिटरी इंजिनियरिंग, सप्टेंबर-ऑक्टोबर १९३९, पान ३७०.
- ए. टी. पार्मन्स, "जिओफिजिकल फाउंडेशन स्टडी व्हाय एक्सप्लोरेशन वेव्ह मेथड", ई. न्यू. रेकार्ड, फेब्रुवारी १४, १९२९, पान २७३.
- ए. टी. पार्मन्स, "दि प्रेजेंट स्टेटस ऑफ दी आर्ट ऑफ ऑव्हेनिंग अन्डिस्टर्ब्ड गॅंग्वेस ऑफ साईडल्स". रिपोर्ट ऑफ कमिटी ऑन सॉप्लिंग अँड टेस्टिंग, साईडल मेकॅनिक्स अँड फाउंडेशन डिझीजन्, अमे. सो. सि. इं. इंजिनियरिंग फाउंडेशन, न्यूयॉर्क, मार्च १९४०.
- जे. सी. स्टिव्हन्स, "दि सिल्ट प्रॉब्लेम", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड १०१, १९३६, पान २०७.
- आर. जी. हॅफ्ल, "गिल्टिंग अँड लाईफ ऑफ साऊथ वेस्टर्न रेसर्व्हॉयर्स", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड ९५, १९३१, पान १०६०.

प्रकरण २ रे

धरणांच्या प्रकारांची निवड

१. सामान्य विचार

आतापर्यंत जे बंधारे बांधण्यात आले आहेत त्यांचे निरनिराळे प्रकार कोणते आहेत, ते कोणत्या परिस्थितीत बापरणे योग्य होते, कोणत्या महत्त्वाच्या बाबींवर बंधाऱ्याच्या जागेची निवड अवलंबून असते यासंबंधी या प्रकरणात थोडक्यात विवेचन करण्याचा उद्देश आहे. तथापि पुढील प्रकरणातून जचिलेल्या निरनिराळ्या प्रकारांच्या बंधाऱ्यांच्या बाबतीत लागणाऱ्या माहितीचे अत्यंत सखोल ज्ञान असणे अर्थातच आवश्यक आहे.

धरणांचे सामान्य प्रकार थोडक्यात खाली दिले आहेत :—

भरीव भाराश्रित काँक्रीट बंधारा. (१)

पोकळ भाराश्रित बंधारा.

(कमानदार) काँक्रीटचा बंधारा.

मार्तीचे व दगडाचे बांध.

पोलादी बांध.

इतर प्रकार.

विवक्षित जागेवर कोणत्या प्रकारचा बंधारा बांधणे योग्य होईल आणि त्याचा उपयोग कसा होईल यासंबंधी अनुभवी स्थापत्यशास्त्रज्ञात पुष्कळ मतभिन्नता आढळते. बऱ्याच वेळा ही निवड प्रामुख्याने स्थापत्यशास्त्रज्ञाचे तारतम्य आणि अनुभव यावर अवलंबून असते. तथापि त्याला बंधाऱ्याचा प्रकार ठरवितांना जागेवरील परिस्थिती आणि त्याला लागणाऱ्या आवश्यक बाबींच्या बुद्धिपूर्वक केलेल्या अभ्यासाची महत्त्वाची मदत होते.

या कामी बंधाऱ्याच्या सुरक्षिततेला अर्थातच प्राधान्य दिले पाहिजे. काही जागी पायांतील परिस्थिती व इतर बाबी अशा असतात की त्या ठिकाणी काही

तळीप १. या देशात भरीव भाराश्रित धरणांचे दुसरे प्रकार आता जवळ जवळ छुप्त झाले आहेत, याकरिताहि संकल्पचित्राची तत्वे एकच असतात.

वकासाचे बांधारे सुरक्षित रहातील असे बांधवाच येणार नाहीत. ही गोष्ट लक्षात आल्यावर असे दिसून येईल की निवडण्यास योग्य अशा बांधाऱ्यांच्या प्रकारांची संख्या पुष्कळच कमी असते.

बांधकामाच्या लागणारा माल आणि तो मिळण्याची शक्यता व जागेवरील जल व बैजिण्ट्ये यावर धरणाचा प्राथमिक खर्च अवलंबून असतो. म्हणून प्राथमिक खर्चाचा आगाऊ अंदाज करणे ही आणखी एक महत्त्वाची बाब ठरते.

बांधकामाच्या किती निधि उपलब्ध होईल यावर धरणाच्या प्रकाराची निवड मर्यादित असते. कायम बांधणीच्या धरणाचा खर्च फार येतो. जरूर नितक्या सुरक्षिततेचे पण कमी काळ टिकणारे धरण बांधण्यास कमी खर्च येतो. मात्र त्याची देखभाल कायम करण्यास खर्च फार येतो. कायम बांधाऱ्याच्या बांधकामाचे मूल्य व हंगामी स्वरूपाच्या धरणाचे मूल्य व अनुरक्षणव्यय या दोन्ही मुल्यांच्या आकड्यातील फरकाची रक्कम खर्चवाढ त्याजाने गुंतविली तर अशी जमलेली रक्कम कमी खर्चाच्या हंगामी धरणाच्या जलद होणाऱ्या न्हासापायी लागणाऱ्या भोघननिधीस आणि अनुरक्षणास पुरेशी होते. असे असले तरी साधारणपणे सर्वात कायम स्वरूपाचे धरण, अंती, जास्तीतजास्त काटकाराची ठरते हे मान्य करावे लागते. सामान्यपणे, अशाच कायम स्वरूपाच्या धरणाची बांधणी केली जाते. मात्र असे धरण केवळ हंगामी स्वरूपाच्या कामाकरिताच उपयोगात आणावयाचे असेल अगर पुरेसा निधि उपलब्ध होऊ शकत नसेल तर आपणास हंगामी धरण बांधावे लागेल.

निरनिराळ्या प्रकारच्या धरणांचे तुलनात्मक विवेचन पुढे केले आहे.

२. भरीव भाराश्रित काँक्रीटचे धरण (प्रकरण ७ ते १२ पहा)

भरीव काँक्रीटच्या धरणाडतका भक्कम प्रकार दुसरा कोणताही नाही. तसेच त्याच्या अनुरक्षणास दुसऱ्या कोणत्याही प्रकारांपेक्षा कमी खर्च लागतो. कोणत्याही परिस्थितीत अशी बांधणी चालू शकते. परंतु अशा बांधाऱ्याची उंची पायाच्या बळकटीवर अवलंबून असते. तो मातीच्या पायावर जर बांधावयाचा असेल तर बहुधा २५ फुटांपेक्षा जास्त उंचीचा बांधता येत नाही. जमिनीच्या खाली खडक जर खोलीवर असेल आणि हा बांधारा जर फार उंचीचा बांधावयाचा असेल तर अशा जागी मातीचा बांधारा कमी खर्चात बांधता येतो असे पुष्कळ वेळा आढळून आले आहे. कारण मातीचा बांधारा खडकाच्या पायावर बांधला पाहिजेच असे नाही.

भरीव भाराश्रित काँक्रीटचे धरण सर्वात सुरक्षित असते असे जनमत लक्षात आहे; हे धरण म्हणजे काँक्रीटच्या धरणांचा सर्वसामान्य प्रकार; अर्थात्स, साधारणपणे लोकांना या प्रकाराचे जास्त आकर्षण आहे.

भरीव आणि पोकळ काँक्रीटच्या धरणांच्या प्राथमिक खर्चातील फरक स्थानिक परिस्थितीवर अवलंबून असतो. भरीव धरणाने दर घन यार्ड काँक्रीटला निम्म्या कमी लागते. साबाबांधणीचे काम कमी पडते, काँक्रीट घालण्यास खर्च कमी येतो आणि हे काँक्रीट सलोक असण्याची जमिनी तसते. उलटपक्षी पोकळ धरणाने, धरणाच्या लांबीच्या दर फुटास पुष्कळच कमी काँक्रीट लागते. मगळपास हळक्या पोकळ धरणाने भरीव धरणापेक्षा ३५ ते ४० टक्के सिमेंट कमी लागते ज्या जागी बांधकामाचा माल फार महोग पडतो अशा फार दूरच्या जागी भरीव बांधकामापेक्षा पोकळ धरणाला बहुधा कमी खर्च येतो. परंतु, रेल्वे लाइनच्या आसपास असलेल्या जागी जाणें जेथें तुलनात्मक दृष्ट्या सुलभ असते किंवा जेथें (खडी वगैरे) काँक्रीटला लागणारा माल सहज मिळू शकतो अशा ठिकाणी उलट परिस्थिती असू शकते.

लांकडी बांधकामाच्या बांधकामापेक्षा भरीव भारवाही काँक्रीटचा बांधारा नेहमीच महोग असतो. ज्या ठिकाणी लाकूड महोग असते अशा ठिकाणी उच्च प्रकारचे अश्वस्थापित लांकडी पिजऱ्याचे धरण बांधले तर मात्र त्याला खर्च कमी येणार नाही.

भाराश्रित काँक्रीट बांधकामाच्या कोणत्याही प्रकारापेक्षा मातीच्या अगर पत्थरभरा धरणाला येणारा खर्च नेहमीच पुष्कळसा कमी येतो. मात्र त्याला लागणारा माल जवळपास आणि सुलभरीन्या उपलब्ध असला पाहिजे. म्हणून, जर मातीच्या बांधणीला योग्य अशी परिस्थिती असेल तर तेथें त्याचप्रकारचे धरण बांधणें सामान्यपणें पसंत करावें लागेल. यांत मातीच्या बांधकामाला कांही मर्यादा आहेत. त्याबद्दल पुढें विवेचन केले आहे.

कमानदार बांधकामाला इतर कोणत्याही भाराश्रित काँक्रीटच्या बांधकामापेक्षा कमी माल लागतो. म्हणून त्याच्या बांधकामास पुष्कळच कमी खर्च येतो. परंतु अशा बांधकामाला योग्य अशा जागा फारच तुरळक प्रमाणांत उपलब्ध होतात. यासंबंधी विवेचन पुढें केले आहे.

३. पोकळ भाराश्रित काँक्रीट-धरण

प्रकरण १४ त वर्णन केल्याप्रमाणें बरीचशी पोकळ धरणें सलोक काँक्रीटची टेकू देऊन बांधलेली आहेत.

बऱ्याच वेळा धरणाच्या पोकळ जागेत टरबाइन्स व इतर उपकरणे धसविण्यात येतात. आणि त्यांच्याकरिता लागणाऱ्या पोकळीच्या जागेत बचत करता येते. पोकळ धरणाच्या पायथ्यातील उत्क्षेप टेक्यामुळे जवळजवळ नाहीसा होतो. यामु. पायांतील खडकात जर आडवे पदर असतील तर तेथे निर्माण होणारा उत्क्षेप नाहीसा करण्याकरिता अगर तो समतोल राखण्याकरिता ज्या अडचणी येतात त्या भरीव धरणांच्या बाबतीत येणाऱ्या अडचणीहून भिन्न नसतात. (प्रकरण २, अनुच्छेद १७ पहा.)

बऱ्याच बाज्या जास्त डाकळ झालेल्या पोकळ धरणांच्या बाबतीत काही फायदे असतात. असे प्रतिपादन केले जाते की, हा बंधारा जलदृ शकत नाही; कारण पाण्याच्या कोणत्याही पातळीपर्यंत येणारा दाब आणि इतर दाब भिल्लून येणारा परिणामी दाब नेहमी पायथ्याच्या लांबीच्या आतच असतो. अर्थात् हा फायदा प्रत्यक्षापेक्षा बराचसा काल्पनिक असतो. कारण जर योग्य तऱ्हेने बंधाऱ्याचे संकल्पचित्र तयार केले तर अशा बंधाऱ्यांच्या बांधीही प्रकारांत, या बाबतीत काळजी करण्याचे कारण उरत नाही.

जर पायांचे थर जास्त रुंद असतील तर पायावर येणाऱ्या दाबाचा एकांक निर्देशांक, पोकळ बंधाऱ्यांत, भरीव बंधाऱ्यापेक्षा कमी असतो. कारण त्याचे दर बी. फू. क्षेत्रफळांतले वजन भरीव बंधाऱ्यांच्या तितक्याच क्षेत्रफळांतील वजनापेक्षा कमी असते. म्हणून ज्यावेळीं भरीव धरणाचे वजन तोलू शकेल असा पाया मिळत नाही त्यावेळीं पोकळ धरणाचा अवलंब केला जातो.

जर बारिक अशा पोकळ धरणांत वापरल्यात येणारे काँक्रीट हलक्या द्रवचे असेल तर त्याचे परिणाम भरीव भाराश्रित धरणांतील काँक्रीटच्या परिणामापेक्षा फार गंभीर होतात. आणि अशा परिस्थितीत पाणी अतिशय मोठेच अशा थंड हवेत, पोकळ धरणांत, विणपेकळून बराच त्रास होतो. अर्थात् हा बांध धरणाच्या प्रकाराचा नसून ते बांधतांना वापरलेल्या पद्धतीचा आहे.

४. कमानदार काँक्रीटचे धरण

(प्रकरण १३ पहा.) ज्या बंधाऱ्याची उंचीच्या प्रमाणांत लांबी कमी असते अशा ठिकाणीच चापाश्रित काँक्रीट बंधारा बांधण्यात येतो. तसेच तेथे येणारा कडेचा दाब सहन करू शकतील इतक्या बळकट दरीच्या दोन्ही बाजू असल्या पाहिजेत. परिस्थिती अनुकूल असेल तर इतर कोणत्याही काँक्रीटच्या धरणापेक्षा

याला माल कमी लागतो. शिवाय टिकाऊपणा तेवढाच असतो. म्हणून परिस्थितीचा काळ मिळताच असा बंधारा बद्धा बांधला जातो. परंतु, दुर्दैवाने अशा प्रकारच्या धरणाला अनुकूल अशा जागा फारच दुर्मिळ असतात.

(धरणावर) बाहेरून पडणाऱ्या दाबाला प्रतिरोध करण्याकरिता चापांशित धरणाच्या बजनाचा केवढाच उपयोग होत नाही. म्हणून या धरणाचे बाबतीत संकल्पचित्र तयार करताना उत्थापनाच्या परिणामाचा विचार करणे महत्त्वाचे आहे असे मानण्यात येत नाही.

५. मातीचा बंधारा

(प्रकरण १७ ते २० पहा.) जर जागेवर बांधकामाला लागणारे द्रव्य विपुल प्रमाणात मिळत असेल तर काँक्रीटच्या कुठल्याही प्रकारच्या भाराशित धरणापेक्षा पुष्कळच कमी किमतीत असे मातीचे बंधारे बांधता येतात. परंतु, अशा प्रकारच्या धरणांना एक मर्यादा पडते. पुराच्या पाण्याला अधिक योग्य अशा सांडवा उपलब्ध करून देणे आवश्यक असते. बंधान्याच्या माथ्यावर चांगली फरशी केली तरी त्यावरून सरळ पुराचे पाणी वाहू देणे धोकाचे असते. धरणाच्या लांबीच्या दर फुटास, पुराचे पाणी वाहून जाण्याचे मान अगदी थोडे असेल तर धोका कमी असतो. म्हणून अशा प्रकारच्या धरणाला योग्य असा सांडवा ठेवणे अपरिहार्य असते. कांही सांडव्यांचे बाबतीत धरणाची जवळजवळ उपलब्ध होणारी जास्तीत जास्त लांबी—किवहुना सर्वच लांबी—उपयोगात आणवी लागते. अशा बाबतीत मातीच्या धरणाचा विचारच सोडून द्यावा लागतो. क्षरणक्षम मातीतील पाझराचे पाण्याचे परिमाण, पाणी जेवढी लांबी आक्रमून जाईल तिच्या व्यस्त प्रमाणात असते. म्हणून ज्या ठिकाणी पायाची जागा क्षरणक्षम असते अशा जागी उंचीच्या मानाने तळातील रुंदी जास्तीत जास्त असेल असे मातीचे धरण बांधणे फार सोयीचे ठरते.

योग्य प्रकारे अनुरक्षित असलेले मातीचे धरण इतर उत्तम धरणाइतकेच टिकाऊ असू शकते. धरणाची अंतिम स्थिती पूर्ण झाल्यावर आणि ते घनिष्ट, जलाभेद्य झाल्यावर आवश्यक असा अनुरक्षणाचा खर्चही झपाट्याने कमी होऊ लागतो. त्यावर योग्य प्रकारची हरळी उगवल्यावर पाण्याने त्यावरील मातीही धुपून जात नाही. ज्या ठिकाणच्या निसर्ग सौंदर्यात कमीत कमी बदल व्हावा अशी अपेक्षा असेल तेथे भूदृश्य कायम राखण्याचे दृष्टीने मातीच्या धरणाची उपयुक्तता निःसंशय फलदायी ठरते.

६. लाकडाचे बंधारे

(पह्या प्रकरण २२ वें.) हंगामी धरणांचा आदर्श प्रकार म्हणजे लाकडाचे धरण होय. अर्थातच, नीटपणे संकल्पचित्रण केलें, नीट बांधकाम केलें व अनु-रक्षणही नीट झाले तर ५० वर्षे किंवा जास्त कालही हे टिकू शकते. अनु-रक्षणाचा खर्च मात्र इतर प्रकारांच्या मानाने भलताच येतो.

लाकडी बंधारे क्वचितच जलाभेद्य असतात. खरें मांगायचें म्हणजे लाकूड टिकविण्याच्या दृष्टीने थोडीशी गळती आवश्यकच ठरते. ज्या ठिकाणी जला-शयाला खर्च फार येतो तेथें मात्र अशी गळती हा दोष होय.

अशा तऱ्हेचा बंधारा, पुष्कळ वेळां, नरम पायावर बांधला जातो. कारण अशा ठिकाणी काँक्रीटचा बंधारा बांधणें शक्यच नसते. तसेंच काँक्रीट धरण जर खचलें तर तेथें बंधान्याला गंभीर धोका निर्माण होतो. लाकडी बंधारा मात्र जरी थोडासा खचला तरी ते चालू शकते. धरण बांधतांना खर्चाला कमी रक्कम मिळाल्यामुळे परंतु, भविष्य काळात, कायम स्वरूपाच्या धरणाचे उद्दिष्ट अगतांना, लाकडी बंधान्याचा कुंडनबांध म्हणून उपयोग करणें शक्य होईल.

७. पोलादी बंधारे

या देशात (अमेरिकेत) आतापर्यंत फक्त तीनच पोलादी बंधारे बांधण्यात आले आहेत. कोणत्याही प्रकारच्या काँक्रीटच्या भाराश्रित धरणापेक्षा हा पोलादी बंधारा अत्यंत कमी खर्चात बांधता येतो आणि त्याचे इतरही बरेच फायदे आहेत असे प्रतिपादन करण्यात येते. यासंबंधी प्रकरण १९ मध्ये उद्घाेषाह केला आहे. मात्र जे पोलादी बंधारे बांधण्यात आले आहेत त्यांना पायांत दृढमूल करावे लागते. अशा तऱ्हेची तरतूद काँक्रीटच्या भारवाही धरणांचे बाबतीत जरी शक्य असली तरी ही प्रथा चांगली आहे असें मानले जात नाही.

८. इतर प्रकारचे बंधारे

दुसऱ्याही अनेक प्रकारच्या बंधान्यांची संकल्पचित्रें तयार करण्यात आली आहेत आणि ते बांधलेही गेले आहेत. यात विशिष्ट आकाराची चिरेबंदी धरणें, चकित धरणांचे तिरनिराळे प्रकार, आणि इतर धरणें यांचा समावेश होतो. परंतु, अशी धरणें हा बांधकामाचा एक अनन्य प्रकार आहे असे मानावे लागेल आणि विशिष्ट परिस्थितींतच त्याचा उपयोग करावा लागेल. अतएव त्यांची इतर धरणांशी, सामान्यपणे, तुलना करणें योग्य होणार नाही.

प्रकरण ३ रे

पायाची पूर्वतयारी आणि त्याचे संरक्षण

१. सामान्य विचार

१. विषयाची व्यापकता

इतर सर्व प्रकारच्या धरणांच्या पायांचे बाबतीत निर्माण होणाऱ्या समस्या काँक्रीटच्या धरणांच्या बाबतीतही बहुतांशी आढळून येतात. म्हणून या प्रकरणात पायांची पूर्वतयारी आणि संरक्षण यासंबंधी सामान्यतः आणि काँक्रीटच्या धरणांच्या पायासंबंधी विशेषतः विचार केला आहे. ज्यावेळी इतर प्रकारांच्या बाबतीत विशेष गोष्टी आढळतील तेव्हा त्या प्रकारांचा विचार केला जाईल.

२. सामान्य विचार

कोणत्याही प्रकारे भारण, क्षरण अगर झिरपण यांचेमुळे परिणाम होईल अगर यांचेवर परिणाम करील अशा धरणाच्या खालील अगर सन्निकट असलेल्या क्षेत्राच्या सर्व भागास "पाया" ही सजा वापरण्यात आली आहे. धरणाच्या जागेवरील पायाचे अन्वेषण, आणि ज्या माहितीवरून संकल्पचित्र तयार करण्यात येते त्यांतील चाचणीच्या व तत्संबंधी इतर माहितीच्या संकलनासंबंधीचा विचार प्रकरण १ व १६ मध्ये केला आहे.

बंधाऱ्याचे वजन पेलण्याकरिता व तसेच त्याचे घसरण रोखण्याकरिता पुष्कळ प्रमाणात जेथे शक्ति उपलब्ध होऊ शकेल अशी जागा पायाकरिता उत्तम आहे असे समजावे. ज्यातून मळती फार होत नाही व ज्यात शक्य तितका कमी उत्क्षेप होतो असा घनिष्ट दगड पायात असला पाहिजे. तसेच बंधाऱ्यावरून अगर त्यांतील निर्गमद्वारांतून बहाणाऱ्या पाण्यामुळे त्याला हानी होईल असा तो असू नये.

चांगल्या पायाला लागणाऱ्या आवश्यक गोष्टी उपलब्ध व्हाव्यात म्हणून बरीच पूर्वतयारी करावी लागते. ज्या भाराश्रित धरणामध्ये विघाड होनात त्यापैकी जेकडा ९० टक्क्यांहून जास्त विघाड पायांतील कमतरतेमुळेच झाले आहेत असे अनुमान

आहे. म्हणून धरणाचा प्रकल्प तयार करतांना या विशिष्ट भागाचें संकल्पचित्र तयार करण्याकडे योग्य लक्ष देणें अत्यंत महत्त्वाचें आहे. धरणाचे संकल्पचित्र तयार करणाराचे त्याचें बांधकाम करील असें नेहमींच होते असें नाही ही खात्री गोष्ट आहे. कारण चित्र तयार करतेवेळीं तो ज्या गोष्टी गृहीत धरतो त्या पायांतील करावयाची पूर्वतयारी व त्याची व्याप्ति यावर अवलंबून असतात. म्हणून धरणाचे बावतीत नेहमीं संकल्पचित्रकारानें धरणाच्या बांधकामासंबंधी विशिष्ट विवरण तयार करावे आणि त्या कामावर त्याचीच देखरेख असावीहें श्रेयस्कर आहे.

ज्या ठिकाणीं अधिभार उथळ असतो तेथें खडकापर्यंत पाया काढण्यासाठीं तो नेहमीं काढून टाकावा लागतो. पण जेथें तो अतिशय खोल असतो अशा ठिकाणीं ६५ फूट उंचीपर्यंतचे बांधारे मातींत बांधण्यांत आले आहेत. खडकावर बांधलेल्या धरणपेक्षा मातीवरील धरणाचा खर्च फार येतो. म्हणून खडक फार खोलही नाही असा उधळही नाही अशा जागी कोणत्या प्रकाराचा बांधारा बांधावयाचा हे एक अर्थशास्त्रीय प्रमेय ठरते.

२. खडकांतील पायावरील उपचार

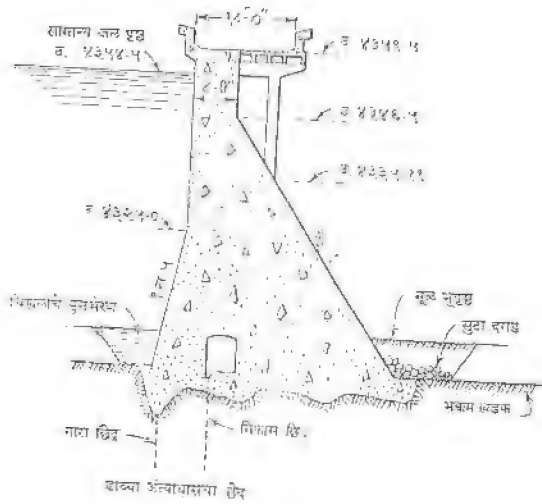
३. पायांतील खडकाचा अंतिम पृष्ठतल

वरवरचा खडक नेहमीं अतिशय झिजलेला असतो आणि धरणाला आधार म्हणून त्याचा उपयोग करता येत नाही. कांहीं वेळां योग्य खडक मिळेपर्यंत वऱ्याच खोलीपर्यंत पाया खोदावा लागतो.

खडकांतील खुदाईचे वेळीं सुक्याचे जागेखालील चांगला दगड स्फोटानें छिन्नविच्छिन्न होणार नाही याकडे नेहमीं विशेष लक्ष पुरवावे लागते. खडकांतील अखेरचे एक अगर दोन फूट अंतर (स्फोट करून न काढता) पाचरीने व पहारीने दिले करून खोदले पाहिजे असे विशिष्ट विवरणात मुद्दाम निर्दिष्ट केलेले असते. बांधकामांतील अनुभवी तज्ज्ञाला नेहमींच लक्षांत ठेवावे लागतें कीं पायाच्या दगडांच्या अंतिम पृष्ठतलांतील कोणताही भाग त्याच्या पूर्वस्थिती-पामून विचलित होता कामा नये आणि त्यांतील कोणताही थर दिला होता कामा नये आणि हे उद्दिष्ट साधण्यासाठीं योग्य पद्धतीहि त्याला आपोआपच सुचिते.

ग्रँडकूली धरणाचे विशिष्ट विवरणात असें नमूद केले होतें कीं संकल्पित खुदाईतील उरलेल्या भागाचा स्फोट करण्याकरिता घेण्यात येणारे कोणतेही छिद्र त्या खोलीच्या $\frac{2}{3}$ पेक्षा जास्त खोल असू नये.

पायाच्या पृष्ठतलाप्रमाणे त्याच्या अतिही घसरणाऱ्या पुरेसा अडथळा असणे इष्ट असते. एकाद्या जागी, इतर सर्व दृष्टीने पायांतील दगड चांगला व घनिष्ट असतो. पण त्यांतील काही समतल थर जवळजवळ असले तर त्यावरून वगैरे घसरण्याची शक्यता निर्माण होते. म्हणून अशा ठिकाणी धरणापासून अनुप्रवाही



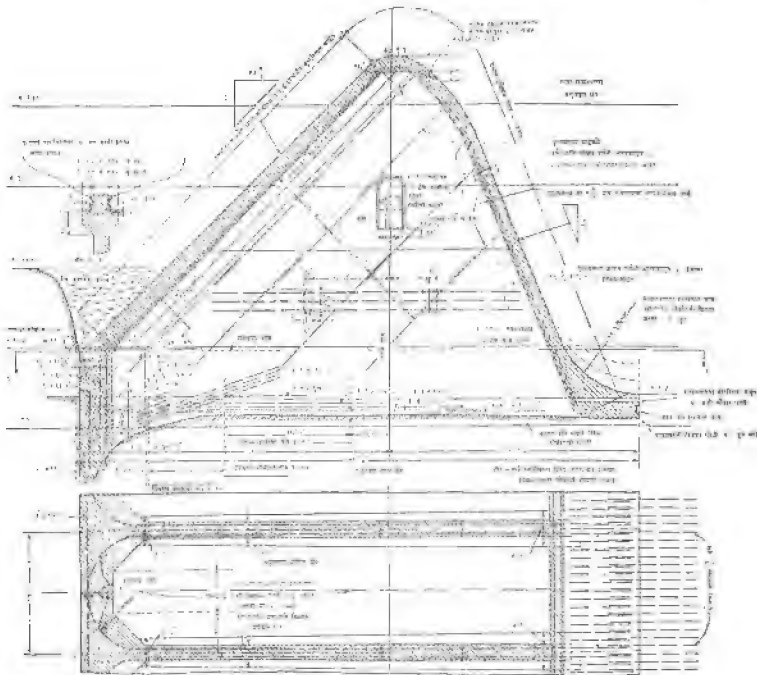
आकृति १. डाव्या अंत्यावसराचा छेद. अमेरिकन फॉल्स धरण. म्नेक नदी, इंडोने. (आधार ६; अनु. ४०).

दिशेने घसरण—बलाम प्रतिरोध करण्याकरिता पुरेसा तलस्थित दगडाचा भाग उपलब्ध व्हावा म्हणून आ. १ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे धरणाच्या चवड्यापाशी पक्कड मिळण्याकरिता तेथे पुरेसा खोलीपर्यंत पाया खोदला पाहिजे. म्हणजे त्याचे वजनाने धरणाच्या घसरणाऱ्या प्रतिरोध होईल. जर तेथील दगड चांगला नसेल तर बंधान्याच्या चवड्याखालील दगड 'रेखावेधन' पद्धतीने काढून टाकावा लागेल.

मऊ आणि बिनजोड असा जेल खोदार्हत आढळला व त्याचे थर कमकुवत व जवळजवळ आडवे असले तर तेथील किंवा इतर कमकुवत पायांचे वाघतीत घसरण शक्यतेच्या शक्ती त्याचे चवड्यात आहे अशी खाली देता येत नाही. अशा वेळी धरणाच्या चवड्याखालील एक खोल खंदक रेखावेधन आणि क्रोचिंग पद्धतीने खोदण्यांत येतो व त्यात प्रबलित काँक्रीट बंधान्याशी दृढमूल करण्यात येते. (पहा—आकृति २.)

बंधाच्याचा पाया आणि त्याचें बांधकाम यांचें परस्पराशीं जास्तीत जास्त वास्तव्य वस्तुनिष्ठ म्हणून पायातील अखेरच्या दगडाचा पृष्ठतल असदी स्वच्छ करण्यात येता. नाझीतर असा पृष्ठतल आणि बरील बांधकामाचा तल्ल यामध्ये वाण रद्दते, मग ती कोणत्या प्रकारची का असेना! त्यामुळें पाया आणि बरील बांधकाम कामधीन संयोग पूर्णपणे नाहींवा हातो आणि पायातील दगड स्वच्छ करण्याचा उद्देशच संपूर्णतया विफल होतो.

पायाचा पृष्ठतल परिणामकारकपणे स्वच्छ करण्यास अतिदावाश्रित पाणी व त्या यांच्या मिश्रणाच्या झोतांमध्ये दुसरे कोणतेही उत्तम साधन उपयोगी पडणार नाहीं. अशा झोतांच्या साहाय्याने दगडातील उभ्या चिरा आणि खुप खोलवर असलेल्या जळगतीकाही स्वच्छ करता येतात. अशा चिरात चुना घट्ट घसवून त्या बंद करण्यात येतात. कांकीटच्या बंधाच्याच्या वावतीत स्वच्छ केलेल्या पायाच्या पृष्ठतलावर जास्त सिमेंट वापरलेला एक इंच जाड चुन्याचा



आकृति २. स्टोनी नदीवरील धरण. (एफ. डब्ल्यू. शीडेनहेम, ट्र. अमे. सो. सि. ई. १९१७ पा. ९०७).

थर काँक्रीट टाकण्यापूर्वी पसरण्यांत येतो आणि यासंबंधी पुष्कळ वेळां विवरणांत निर्देशन केलेले असते.

काँक्रीट टाकतेवेळी (जागेवर) जळगती रहाणार नाहीत अशी कटाक्षाने काळजी घेतली पाहिजे.

खडकाच्या पायांत दगडांचे लोंबते थर असू नयेत; तसेच दगडाचा उभा छंद शक्यतो अगदी खडा असू नये. ज्या ठिकाणी असा खडा पृष्ठभाग दगडांतील उभ्या बंधनरेपेशी जुळलेला असतो तेथे तो अपवादात्मक समजण्यात यावा. अशी परिस्थिती टाळण्याचे कारण हे आहे की अशा ठिकाणी खडकांत संकुचना-मुळे तडे पडतात; आणि तेथे अतिशय कर्तन-प्रतिबल निर्माण होते.

४. पायाच्या खडकांतील दोषावर उपाय

साधारण उंचीच्या बंधाऱ्याचे वजन तालू शकेल अशी पुरेशी शक्ति बहुतेक बिनझिजलेल्या जोड दगडांत असते. परंतु, शिवण अगर स्तरभंग आणि झिजलेले अगर चुरा झालेले भाग यामुळे, पायांत सुटे वा अंशतः सुटे टोळ निर्माण झालेले असतात. बंधाऱ्याच्या वजनाने ते किचित् सरकण्याचा संभव असतो. अशा दगडांच्या बाबतींत विशेष काळजी घेणे जरूरीचें असते.

अनुच्छेद ७ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे अरंद शिवणी अगर स्तरभंगाची जागा अनेक वेळां स्वच्छ धुवून त्यात गाराभराई करण्यात येते. जर शिवणी रंद असतील अगर दगड झिजलेला वा फुटलेला असेल तर त्यांतील द्रव्य खरडून काढून त्या शिवणी पुनः काँक्रीटने भरून काढाव्या लागतात. पूर्ण झालेल्या खोदकामात आढळलेले खराब द्रव्याचे थर जेव्हां जवळजवळ आडवे असतात तेव्हां त्या द्रव्यात उभी सूचिका अगर मोठ्या व्यासाचे वेधन छिद्र घेऊन (प्रकरण १ अनुच्छेद ४१) आणि त्या शिवणी ड्रिफ्टमध्ये धुवून, स्वच्छ करून त्यावरील कठीण दगड खोदण्याऐवजी त्या काँक्रीटने भरून घेणे काही वेळा काटकसरीचे होते. खडकात जर पोकळी अगर द्रावणनलिका असल्या तर त्यावरही अशा तऱ्हेचे उपाय करण्यात येतात.

जेव्हां धरणाची उंची कमी असते तेव्हां पायांतील साधारण मानाने नरम असलेल्या दगडांतील लहानलहान भाग बंधाऱ्याखाली तसेच राहू दिले जातात. कल्पना अशी की धरण त्यावर कमान करून उभे राहील. परंतु, जर, मोठ्या आकाराचे उभे अनुप्रस्थ स्तरभंग पायात आढळले तर पुष्कळ वेळा ते स्वच्छ

धुवून त्याच्या नांडावर कमान होईल इतक्या खोलीपर्यंत कांक्रिटने भरून घेण्यात येतात. मात्र अशा वेळी खोदाई आणि गारा-भराई धरणाच्या वरच्या बाजूला जमनाबरोबरच होईल इतक्या खोलीपर्यंत करण्याची काळजी घेण्यात येते.

गेलसारख्या दगड उघडा पडला की त्याचे बिच्छेदन होऊ लागते. अशा प्रकारच्या खडकांच्या पायात कांक्रिट टाकावयाच्या अगदी थोडा वेळ आधी अखेरची साफसफाई करण्यात येते. नाहीतर तो खडक कोरडा होण्याची भीति असते आणि ज्यावेळी तो पुनः कांक्रिटमधील पाण्याने संपृक्त होतो तेव्हा पाया-आणि बंधारा यांच्या दरम्यान मातीचा थर निर्माण होतो; व त्याचे एकमेकाशी बंधन रहात नाही. यामुळे तेथील स्खलन-प्रतिरोधकता कमी होते.

ज्या खडकांचा फुलण्याच्या क्रियेत जलद बिच्छेद होतो अशा खडकांच्या वावरीत कांही पराकांटीच्या उदाहरणांत, पाया उघडा करताक्षणीच त्यावर विदचूमेन अगर अँस्फाल्ट सारख्या जलरोधकांचा थर देण्यात येतो. नरम गेलमध्ये ही प्रक्रिया अत्यंत सहत्वाची गणली जाते. शिवाय यामुळे गेल आणि कांक्रिटमधील बंधनशक्ति वाढते.

५. खडकाच्या पायामधील गळती

संपूर्णपणे अभंग असलेला तळखडक कश्चिकाळीं दिसलाच तर त्यातून गळती अगर पाझर थोड्याशा प्रमाणांत अपेक्षित असतात. तळखडकांतील गळतीला आक्षेप हा की त्यामुळे जलाशयांतील पाणी फुकट जाते आणि ते वाईटही दिसते. फक्त माती अगर वाळू यांच्या मध्यस्थित थरातून असे पाणी सिरपके तर त्याला आक्षेप घेण्याचे कारण नसते कारण ते धुवून जाते. सजल पाया आणि अतिशय उत्क्षेप यांचा अन्योन्य संबंध अवश्यतया निर्णायक नसला तरी जोडला जातो.

हलक्या दर्जाचे पायाचे वावरीत गळतीचे प्रमाण कमी रहाण्याकरिता धरणाचे टाचेखाली काटवांधाची अगर कृत्रिम जलाभेद्य अवरोधकाची तरतूद करणे जरूरीचे असते. खडकांतील पायासाठी दोन प्रकारचे काटवांध सामान्यपणे उपयोगांत आणतात. पहिल्या प्रकारात पायाचे खड्ड्यात जाऱ्या खणून त्या कांक्रिटने भरून काढण्यात येतात. पायाचे खडकांत अंतराअंतराने वेधने घेऊन ती दावयुक्त गान्याने भरणे हा दुसरा प्रकार आहे. या दोन्हीत पहिला प्रकार जास्त श्रेयस्कर असतो कारण ते काम वाजवी खर्चात करता येते. गारायुक्त काटवांधाची पद्धति सर्वसाधारणपणे उपयोगांत येण्यापूर्वी क्वचित् प्रसंगी कांक्रिटचा काटवांध

५० फूट अगर जास्त खोलीपर्यंत नेण्यात आला होता. जरी त्याचे फायदे उष्ण असेल तरी गारायुक्त काटबंधा सर्वसाधारणपणे उायुक्त असतो आणि त्याच्या खर्चही कमी येतो अने जाडळून आले आहे.

धरणाच्या पायथ्यावरील उत्क्षेप काटबंधामुळे कमी होतो याबद्दल “मातीतील पाया” या शीर्षकाखाली दिग्दर्शन केले आहे. काटबंधाच्या खालच्या दिशेय घेतलेल्या जलनिःसारण छिद्रामुळे गळतीत थोडी वाढ होते. यागंबंधीही पुढे उद्‌घाट केला आहे.

प्रकरण ७, अनुच्छेद ५ मध्ये उत्क्षेपासंबंधी सामान्य सिद्धान्ताचे विवेचन केले आहे. पायामधील द्रवदाब निश्चित करणे, पाजरांची दिशा, जलनिःसारण, नाल्यांचे परिणाम आणि काटबंधाचा प्रभाव यासंबंधी विवरण अनुच्छेद १४ मध्ये व त्यानंतरच्या “मातीच्या पायासंबंधीच्या” लेखात केले आहे.

६. शैलयुक्त पायांतील गाराभराई

पायांतील खडकांत घनता निर्माण करून त्यांतील गळती थांबविणे, उत्क्षेप कमी करणे, आणि शिवणयुक्त व चिराळलेल्या खडकाचे घनीकरण करून त्याला जास्त बळकट करणे या कार्याकरिता शैलयुक्त पायात गाराभराई करण्यात येते. या लेखात घनता वाढविण्याकरिता उपयोगात आणण्यात येणाऱ्या पद्धतींचा विचार केला आहे आणि नंतर ७ व्या अनुच्छेदांत दृढीकरणाकरिता जी गाराभराई करण्यात येते तिचे वर्णन करण्यांत आले आहे.

शुद्ध सिमेंट आणि पाण्याच्या मिश्रणाचा गारा तयार करण्यात येतो. बऱ्याच वेळा त्यात इतरही द्रव्य मिसळण्यात येते. त्यासंबंधी माहिती नंतर देण्यात येईल. खडकांच्या भेगात ज्यावेळी वाहते पाणी आढळून येते त्यावेळी अॅम्फाट-युक्त गाराभराईची एक विशिष्ट पद्धति वापरण्यात येते. त्यासंबंधीचा उद्‌घा-पोहही नंतर करण्यात येईल.

गाराभराईची पद्धत आंध्रछेपणाने अमलात आणू नये. खडकांतील स्तर-भंगाच्या जागा, द्रावणनाल्या आणि इतर कमकुवत क्षेत्रे यांचा प्रकरण १ मध्ये वर्णन केल्याप्रमाणे प्राथमिक वेधनछिद्रे घेऊन गखोल अभ्यास करावा. या अभ्यासामुळे गाराभराईचे काम यशस्वीरीत्या पुरे करण्यास मदत होते आणि काही ठिकाणी असा अभ्यास अपरिहार्यही ठरतो.

काटबंधा अगर ‘पटलाकार’ गाराभराई करण्याकरिता जी छिद्रे खडकांत घ्यावी लागतात त्यापैकी सर्वात जास्त खोल छिद्राची खोली पायांतील खडकांच्या

गुणधर्मावर अवलंबून असते. खडकाच्या पृष्ठभागावर असलेल्या जलस्थित दावाच्या एक अनुयाई इतक्या कमाल खोलीवर खडकाच्या पृष्ठतळाच्या ही गाराभराई करण्यात यावी असा जो साधारण नियम आहे तो इतका चुकीचा आहे की त्याचा संशोधपणात विचार करावयाची गरज नाही. किती खोलीपर्यंत गाराभराई करावी हे ठरविण्याचा एकमेव मार्ग म्हणजे निरनिराळ्या पातळी-वर, खडकांतील विरल भागातून पाणी किती गळून जाते हे जलदावाचार्णीवरून ठरविणे हा होय.

प्रत्येक छिद्रामधील ही चोचणी करण्याकरिता ठराविक दावाचे स्वच्छ पाणी अशा छिद्रात पंप करून त्यातून सिरपूत येणाऱ्या पाण्याचे मापन करण्यात येते. (प्रकरण १, अनुच्छेद ४४ पहा.)

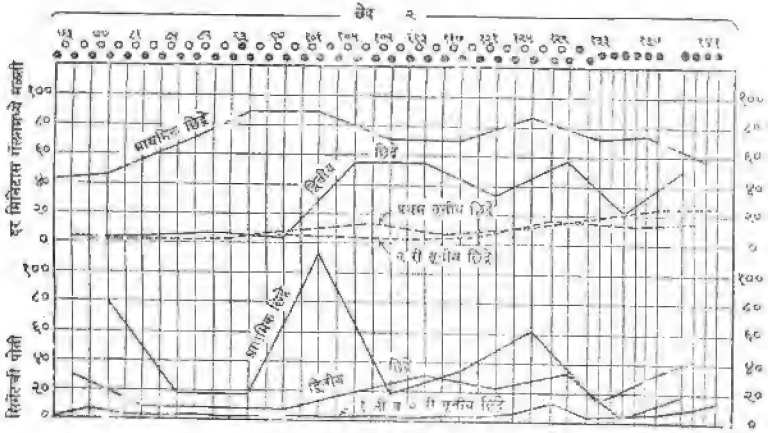
पायातील खडक त्याच्या खोलीच्या मानाने घनिष्ट असतोच असे नाही. अशा खडकांतील पायांचे वास्तवीत वाचकांनी अ. छे. १५ पहावा. या अनुच्छेदात मातीतील कांटयांघासंबंधी चर्चा केली आहे; आणि जे खोल काटवांध जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत नेण्यात येत नाहीत त्यांच्या निरर्थकतेची कल्पनाही देण्यात आली आहे.

धरणाच्या पाण्याकडील वाजूच्या खडकाच्या भागात एका अगर अनेक छिद्रांत गाराभराई करून, "पटलाकार गाराभराई" करण्यात येते. खोल असलेल्या छिद्रात, जास्त दावाची, एकापेक्षा जास्त ओळीत छिद्रे घेण्याची साधारणपणे त्रुटी पडत नाही आणि तशी त्रुटी पडलीच तर खडकाच्या पृष्ठतळाच्या जास्त रुंद भागाचे घर्जाकरण करण्याकरिता अनेक समांतर पण उथळ छिद्रे त्यात घ्यावी लागतात.

जेथे उभ्या शिवणी आढळत येतात तेथे त्यांना छेद करण्याचे दृष्टीने तिरकी छिद्रे पाडवी लागतात. पुष्कळ वेळां एकमेकाला लागून असलेली छिद्रे माऱ्याच्या पातळीत, एकमेकाशी विरुद्ध कोन करून आडवीतिडवी पाडण्यात येतात.

ज्या ठिकाणी गारापटलाकरिता घेण्यात येणारी सर्व छिद्रे एकसारख्या खोलीची असतात तेथे गाराभराई करणे मर्यादित राईत जाते. कमी उंचीच्या धरणात ही पद्धत नेहमी वापरली जाते. ज्या ठिकाणी एका विशिष्ट थराचे वर खडकाची प्रवेष्टना तौलनिकरीत्या सारखी असते आणि जेथे तो खडक जास्त घनिष्ट असतो अशा खडकाच्या वास्तवीत उंच धरणाकरिताही ही पद्धत वापरण्यात येते. अशा वेळी "विपाटित अंतरक" पद्धतीचा अवलंब करण्यात येतो. खडकाच्या गुणधर्मानुसार १५ ते २५ फूट अंतरावर प्रारंभिक छिद्रे घेण्यात येतात. नंतर

पाण्याने त्याची चाचणी करून त्यात गारा भरण्यात येतो. नंतर दुसऱ्या टप्प्यात तितकीच मध्यवर्ती छिद्रे घेण्यात येतात आणि तपासणी करून त्यात गारा भरण्यात येतो. अखेरच्या टप्प्यात आयली छिद्रे खोदण्यात येतात आणि तपासून त्यात गाराभराई करण्यात येते. अशा रीतीने पहिल्या टप्प्यातील छिद्रांमधील अंतर $\frac{1}{2}$ इतके कमी करण्यात येते. कोणत्याही एका छिद्राच्या तपासणीकाल काढलेल्या निष्कर्षावरून, पुर्वी गाराभराई केलेल्या दोन निकटवर्ती छिद्रांमधील पायांच्या तुलनात्मक घनतेची कलाता येऊ शकते. म्हणून ही प्रक्रिया (खंडकात) पुरेशी घनता मिळेपर्यंत टप्प्याटप्प्यांनी करण्यात येते.



आकृति २ (अ) ल्हॉण्टन धरणाच्या पायातील धरणातील अनेक म्वाळन पाण्याचे निरीक्षण आणि निरनिराळ्या वेळानांमधील गाराभराईला लागणारी समेटची पोती यासंबंधी. इंग्लिश रेकॉर्ड, खंड IXVII, पृ. ३४०).

आकृति क्र. २ (अ) मध्ये ल्हॉण्टन धरणाला केलेल्या चाचणीचे निष्कर्ष दाखविले आहेत. तेथील छिद्रे इतकी जवळजवळ घेतली होती की दोन फूट अंतराच्या दोन रांगांमध्ये ती विखुरावी लागली. परंतु दुसऱ्या रांगेतील फारच थोड्या छिद्रांची गाराभराई करणे जरूर आहे असे आढळून आले. काही ठिकाणी पायातील दगड कमकुवत असतो; व त्याचे संस्तरण समतल झालेले असते. तसेच गाऱ्याच्या दावाने त्याचे स्तर उचलले जाण्याची शक्यता असते, अशा दगडात जास्तीत जास्त पातळीवर बऱ्याच दावाची गाराभराई करावी लागते. ही क्रिया टप्प्याटप्प्याने गाराभराई करून करण्यात येते. यासंबंधी माहिती पुढे दिली आहे.

या पद्धतीत प्रथमतः कमी खोलीचे छिद्र घेतले जाते आणि त्यांत कमी दाबाचे गाराभराई करण्यात येते. गारा घट्ट होण्यापूर्वीच ते छिद्र स्वच्छ करून त्यात पुनः अधिक खोलीपर्यंत वेधन करण्यात येते आणि जास्त दाबाखाली त्यात गारा भरण्यात येतो. ही क्रिया त्या छिद्राची अखेरची खोली पोहोचितां चालू ठेवण्यात येते आणि नंतर त्याची सर्वांत जास्त दाबाखाली गाराभराई करण्यात येते.

दुसऱ्या एका पद्धतीत असे छिद्र प्रथमच संपूर्ण खोलीपर्यंत वेधण्यात येते सर्वांत खालील जास्तीत जास्त दाबाच्या विभागाच्या वरच्या पातळीपर्यंत त्या छिद्रात गारा-नलिका सोडण्यात येते. त्या नलिकेच्या खालच्या टोकाला प्रसरण पावणारी मोहोर बसविण्यात आलेली असते व त्यामुळे अशा नळीतून गारा वर येऊ शकत नाही. जास्त दाबाखाली या छिद्रात गाराभराई करण्यात आल्यावर गारा नलिका वर उचलण्यात येते. तिची मोहोर छिद्राच्या वरच्या दुसऱ्या भागावर बसविली जाते आणि तो विभाग जरा कमी दाबाखाली जमिनीवरून गारायुक्त करण्यात येतो. अशाप्रकारे गाराभराईच्या सर्वांत वरच्या विभागापर्यंत ही क्रिया चालू ठेवण्यात येते. या पद्धतीत, जरी, पूर्वी गाराभराई केलेले छिद्र पुनः वेधन करण्याची जरूरी पडत नाही तरी मोहरेचा वापर करताना फार दास पडतो आणि जास्त दाबाचा गारा मोहोरच्या बाजूने बाहेर पडण्याचा नेहमीं धोका असतो.

गारा पद्धतीत अतिरिक्त पूर्वापाय म्हणून छिद्रांतील प्रत्येक गाराभराई करण्याच्या विभागाचे डोकीवर प्रसरणक्षम मोहोर बसविण्यात येते आणि त्यामुळे पूर्वी गाराभराई केलेल्या वरच्या विभागावर जास्त दाब पडू दिला जात नाही.

सामान्यतः पायांतील खडकाची खोली असजशी वाढत जाते तसतशी त्याची घनता वाढते. म्हणून सर्वच ठिकाणी, छिद्रे जास्तीत जास्त खोलीपर्यंत खोदण्याची जरूरी असते. तेथे १० ते २० फूट खोलीची एक किंवा अधिक उथळ छिद्रे खोदून त्यांची प्रथम गाराभराई करण्यात येते आणि त्यामुळे तो पृष्ठतल घनिष्ट होता. आणि खालील पातळीवर जी जास्त दाबाची गाराभराई केली जाते. तिचे क्षरण होण्याचे शक्यते. नंतर जास्त अंतरावर घेतलेल्या छिद्रांची आणखी एक रांग खोदण्यात येते आणि तीत जास्त दाबाखाली गाराभराई केली जाते. यानंतर तिसऱ्या रांगेत आणखी जास्त खोल छिद्रे खोदण्यात येतात. या रांगेतील छिद्रांमधील अंतर पूर्वापेक्षा जास्त ठेवलेले असते. आणि त्यात अधिक दाबाची गाराभराई करण्यात येते. अशा तऱ्हेने छिद्रांच्या तळापर्यंत ही क्रिया करण्यात येते. शेवटच्या खोल छिद्रांमधील अंतर आणि दाब सर्वांत जास्त असतो.

चाळीस फूट खोलीपर्यंतची उथळ गारा छिद्रे समाधात वेधयंत्राच्या साहाय्याने खोदलेली असतात. परंतु, शिवणीमध्ये अशा वेधनामुळे कपऱ्या आणि वारिक कण जाऊन तेथे गारा जाण्यास अडथळा निर्माण होतो. या सधवीवर काही स्थापत्यशास्त्रज्ञ ही संवणा टाकाऊ समजतात. अर्थातच खोद छिद्राकारिता गाभावेधन पद्धतीच नेहमी वापरण्यात येते. पाहिल्या पद्धतीत, पुढे पुढे १५ ते २० इंचांपर्यंत कमी होत जाईल अशा आकाराचे वेधक वापरण्यात येते. गाभातधक सामान्यतः दोन इंच व्यासाचे असते. काही प्रकल्पात शेवटच्या वेधनांमधील काही वेधने ५ ते ६ इंच व्यासाची घेण्यात येतात. त्यामुळे परिदर्शकाच्या सादरत्वात गाराभराईच्या परिणामाची डोळ्याने पहाणी करणे शक्य होते. याचे वर्णन प्र. १ अनुच्छेद ४६ मध्ये केले आहे.

ज्यांची गाराभराई करावयाची आहे अशा सर्व छिद्रांच्या वरच्या टोकात गाराभराईच्या यंत्राच्या जोडता येतील अशा गेब पाडलेल्या नळ्या बसविण्यात येतात. गाराभराईच्या वेळी या नळ्या उखडून जाऊ नयेत म्हणून त्या जखडाच्या लागतात. अगर त्यांचेवर वजन ठेवलेले असते. काही वेळा या नलिका वेधनछिद्रांत सिमेंटमध्ये घट्ट बसविलेल्या असतात अगर त्यांना भरपूर पक्कड मिळावी म्हणून खडकांत बऱ्याच खोलीपर्यंत बाँक्रीटच्या काटवांधात बसविण्यात येतात. या दुसऱ्या बाबतीत सामान्यपणे नलिकेतून वेधन करण्यात येते. ज्या वेळी वेधनामुळे बांधकामाला अडथळा येऊ नये अशी इच्छा असते त्यावेळी बांधकामावरोबरच ही नळीही बसविली जाते. आणि वेधन, चांचणी आणि गाराभराईची कामे ज्या उंचीपर्यंत बांधकाम झाले असेल त्या उंचीवरून अगर धरणांतील चाचणी वागड्यातून करण्यात येतात.

प्रत्येक छिद्र, त्याच्या शेजारचे छिद्र खोदण्याचे आधी, गान्याने भरणे श्रेयस्कर असते. नाहीतर कमी दाबाने शेजारच्या छिद्रात गारा शिरणून तें बंद होण्याचा संभव असतो आणि त्यामुळे त्या छिद्रात गारा लांब अंतरापर्यंत शिरण्यास अडथळा येतो.

वायुमिश्रित पाण्याने, प्रत्येक छिद्र, गाराभराईचे काम सुरू करण्यापूर्वी, स्वच्छ करण्यात यावे. नंतर त्यांतील शिवणी स्वच्छ करण्यासाठी, पृष्ठतलावरील ज्या गळत्या बंद करावयाच्या त्यांच्या जागा शोधण्यासाठी आणि पाण्याच्या प्रवाहाचे प्रमाण काय आहे हे समजण्यासाठी सौम्य दाबाचे पाणी, पंपाने, त्या छिद्रांत सोडावे. पातळ गारा, घट्ट गान्यापंशां, जास्त दूरवर पसरतो. म्हणून मुरवातील एकास पांच अगर सहा या प्रमाणांत सिमेंट आणि पाण्याचे मिश्रण करून गारा

करण्याची नाल आहे आणि असजमें छिद्र वनिष्ट होत जाते तसतशी गार्याची कसता वाईविषयात येते. या पद्धतीने अगदी दूरच्या शिवणीपर्यंत गारा पोहोचू शकता. शिवाय, खडकाच्या स्वाभाविक स्थितीत कमीत कमी बिघाड निर्माण होतात. अंतिम गाराभराई करण्यास १:२ या प्रमाणात सिमेंट आणि पाणी वापरण्यात येते. पण जेथे खडकातील दगड मुटा झाला असेल तेथे १:०.६ या प्रमाणात सिमेंट आणि पाण्याचे मिश्रण वापरण्यात आले आहे. जेथे शिवण बंद करण्यास अडवण येते तेथे मिश्रण घट्ट करण्याकरिता लाकडाचा भुसा अगर द्रिळटें मिसळून यशस्वीरीत्या अशी गाराभराई करण्यात आली आहे.

सिमेंट गार्यामध्ये मिश्रणासाठी केवळ जाठ बाळू कधीही वापरू नये. कारण ती लवकर खाली वगते आणि सिमेंटपाणूत बेगळी होते. मिश्रणद्रव्य म्हणून खडकाची, सिमेंटच्या कणासारखी, वारिक पूड यशस्वीपणे वापरण्यात आली आहे. कळीलाचे जास्त प्रमाणात असलेले शिकणमत्तीयुक्त बेंटोनाइटही मिश्रणद्रव्य म्हणून अगर स्वतंत्ररीत्या वापरता येते. गार्यामध्ये सिमेंटच्या आठ टक्के बेंटोनाइट वापरण्याने त्याची खाकी बसण्याची क्रिया मंदीवते असे आढळून आले आहे. त्यामुळे सिमेंट आणि बाळूमुळा तरंगत रहाते आणि हे मिश्रण खाकी बसण्यास प्रविराव होतात असेही प्रतिपादन करण्यात आले आहे. मिश्रणाची परिणामकारकता फक्त प्रयोगशालेत चाचणी करूनच ठरविता येणे शक्य आहे.

गार्यामध्ये निघालेले खडकातील पोकळींच्या जागा भरून काढण्याचे मांदीभक्त माध्यम म्हणून वापरणे शक्य आहे असे चाचणीअंती आढळून आले आहे. (अनुच्छेद ४० मधील परिच्छेद १६ पहा.)

गाराभराईमध्ये इतक्याच दाब असावा की त्यामुळे पायाचा अगर जेव्हाच्या बांधकामाचा कोणताही भाग उचकटणार नाही अगर हलणार नाही. मात्र त्याच वेळी तो दाब जिनका जास्त ठेवता येईल तितका देवावा म्हणजे हे काम जवळ होईल व त्यामुळे जास्तीत जास्त भागात गारा पसरू शकेल.

गाराभराईमुळे उत्क्षेप होत आहे काय हे जाणण्याकरिता 'हेज' यांनी खात्रील पद्धति सुचविली आहे. (अनुच्छेद ४० परिच्छेद १३ पहा.) नवीत जास्त खोल असलेल्या छिद्राच्या तळाइतके खोल एक छिद्र खोदावे. त्यांत एका मुठी शळाका तळाशी घट्ट बसवावी. ती शळाका छिद्राच्या माथ्याच्या काही इंच वर राहील. इनकी लांब ठेवावी आणि अगदी खडकाच्या पृष्ठतळावर बसविलेल्या जांखडाला ओझरता स्पर्श होईल अशा रीतीने ती बसवावी म्हणजे खडकाच्या पृष्ठतळाचा थोडासा जरी उत्क्षेप झाला तरी ती शळाका जांखडापासून अलग होईल.

ज्यावेळीं खडकांनील पृष्ठतळाची गाराभराई, उत्क्षेप झाल्याखेरीज, पुरेशी करता येत नाही अशी अडचण येते आणि ज्यावेळीं जास्त दाबाच्या खोल गाराभराईने पायाच उचकटण्याची भीती असते त्यावेळी धरण पुरे झाल्यावर अगर त्याचा काही भाग बांधून झाल्यावर त्याच्या गॅलरीतून गारापटल भरण्यात येते. याकरिता ५ ते ८ फूट आकाराच्या गॅलरीतून उभे अगर कलते छिद्र घ्यावे लागते; व त्याकरिता उपयुक्त अशी उपकरणेही उपलब्ध आहेत.

पृष्ठभागी दर चौ. इंचास ५ ते १० पोंडापासून खोल छिद्रात १००० पोंड इतका दाबाची गाराभराई करण्यात येते. त्याकरिता काही सामान्य असे नियम जरी ठरविवा आले नाहीत तरी कोणत्याही पातळीवर दर चौ. इंचाला जो दाब द्यावयाचा तो छिद्राची खोली जिनकी फूट आहे तिच्यापेक्षा जास्त नसावा असे प्रमाण अनुमान धक्क्याने ठरविण्यांत आले आहे. अर्थात् पुष्कळ ठिकाणी बापेक्षा जास्त दाब वापरणे शक्य होते. स्थूलमानानें, खोली सुचविलेले समीकरण मार्गदर्शक होईल असे लेखकाला वाटते. प्रत्यक्ष काम सुरू असतांना गाराभराईने वेळी केलेले निरीक्षण आणि अनुमान याचीही जोड देणे जरूरीच आहे.

समीकरणात सधन दगडामध्ये दर चौ. इंचाला, जो दाब पोंडांत दिला आहे तो p या अक्षरानें निर्देशिला आहे. h म्हणजे खडकाच्या पृष्ठतळा-खालील खोली.

सधन खडकाचे दाबतीत—

$$p=h+1.33h\left(\frac{h}{100}+\frac{3\sqrt{h}}{20}\right) \quad [१]$$

भक्कम स्तरित खडकाचे दाबतीत—

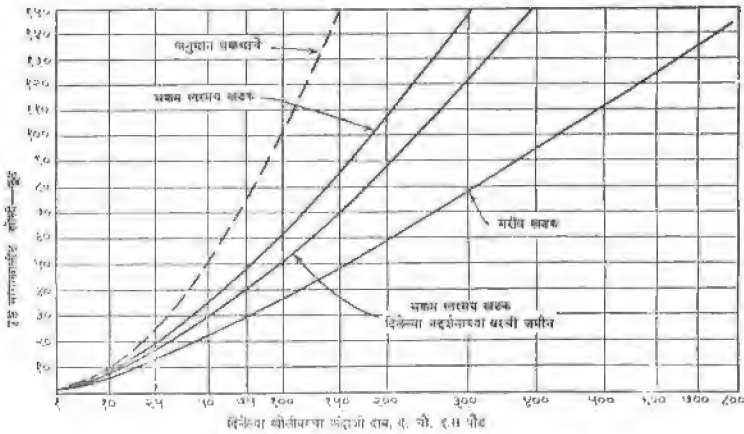
$$p=h+1.33h\left(\frac{h}{900}+\frac{\sqrt{h}}{20}\right) \quad [२]$$

ठराविक उंचीच्यावर ज्या भक्कम स्तरित खडकात गाराभराई केलेली आहे त्याचे दाबतीत—

$$p=h+1.33h\left(\frac{h}{400}+\frac{3\sqrt{h}}{40}\right) \quad [३]$$

आकृति ३ मध्ये ही समीकरणे आलेखित केली आहेत. त्यावरून वर उल्लेखिलेल्या अनुमान-धक्क्याप्रमाणें किती दाब पाहिजे तेही तुलनेने दिसून येईल.

गाजर-निर्मितीच्या दृष्टीने, स्तरभंगनिमित्त पोळळा, घट्ट चिवणमातीचे किंवा मृत्पैलांचे पातळ थर यांच्याबद्दल विशेष आक्षेप घेण्यात येत नाही. परंतु, अशा दगडाच्या शिवणीत जर चिखल, रेत किंवा वाळू आढळली तर मात्र नक्कल भरल्यावर हे द्रव्य त्यांतून बाहेर जाण्याचा संभव असतो. म्हणून ही उध्द गारा भरण्यापूर्वी शिवणीतून धुवून टाकावीत. मोठ्या द्रावण नाल्याच्या बाबतीत तेश्चपर्यंत पोहोचण्याकरिता एक मार्ग तयार करणे श्रेयस्कर असते. त्यांतून, त्या नाल्या स्वच्छ करून त्यांत काँक्रीट टाकावे आणि नंतर, शेंबडी, त्यात गारा घालून ती मोहोरबंद करावा.



आकृति ३. गाराभराईच्या दाबासंबंधी ठोकल मार्गदर्शन

महत्त्वाच्या जागी अशा शिवणीत वेधनाछेद घेऊन त्यातून त्या पाणी आणि मंपीडित वायू यांच्या साहाय्याने स्वच्छ कराव्यात. त्यावेळी, प्रारंभिक गाराभराईकरिता जो दाब वापरावयाचा असतो तितक्याच दाबाने, या शिवणी धुण्याचे काम, स्वच्छ पाणी त्यातून बाहेर येईपर्यंत, चालू ठेवावे. दगडातील ज्या शिवणी आणि भेगा पृष्ठतळाचा छेद करितात त्यातून गारा झिरपून जाण्याचा संभव असतो म्हणून त्या प्रथम खरडून काढाव्यात. त्यात काँक्रीट अगर चुस्पाचा दट्टा बसवून किंवा लेडवूळ दाबून बसवून अगर अन्य मार्गाने त्या बंद कराव्यात. पृष्ठतळाशी, ज्या दगडाची आधारपातळी छेद करते त्या दगडात गाराभराई करणे विशेष त्रासदायक होते.

खडकाच्या ज्या भेगांतून पाणी वहाते त्या भेगा जरी बऱ्याच मोठ्या असल्या तरी त्यांची तांडे गरम ऑस्फाल्टने बंद करण्यात येण आले आहे. (पहा प्र २०

अ. ४०.) विजेने तापविलेल्या तारांच्या साहाय्याने नळ्या आणि वेधनछिद्रें प्रवाह सुरू होईपर्यंत गरम करण्यात येतात. त्यानंतर, वेधनछिद्रांची लांबी फार नसेल तर ती विजेच्या उष्णतेने गरम करण्याची गरज पडत नाही. गरम अँस्फाल्टचा आतील पाण्याशी संबंध येताच ते थोडेसे घट्ट होते आणि त्याचे लांब धाग्यात रूपांतर होते. हे धागे छिद्राच्या वाजूना चिकटतात आणि हळूहळू ते छिद्र भरून येते.

गरापटलाच्या क्षेत्रांतील अरे बंद करण्याचे सर्व प्रयत्न केले पाहिजेत. जर नेहमीच्या गाराभराईच्या पद्धतीने ते बंद होत नसतील तर त्यांतील पाणी नळीमधून काढून टाकावे. छिद्रांत जास्त दावाचा गारा झालता येईल इतके काँक्रीट जाईपर्यंत बरीलप्रमाणे पाणी जाऊ द्यावे. गारापटलाच्या खालीही अरे असतात. त्यातील पाणी माव बंदिस्त करण्यात येऊ नये. ते पुच्छजलांत कायम नळ्या वसवून त्यांतून सोडून द्यावे.

हाती घेतलेल्या कामाकरिता गाराभराईची पद्धत कायमची वापरण्यात यावी. जसजशी कामाची प्रगति होऊ लागते तसतसा (गाराभराईचा) अनुभव मिळू लागतो. प्रत्येक परिस्थितीत, योग्य असा उपचार करण्याचे दृष्टीने, काम चालू असतांना, गाराभराईच्या पद्धतींत वारंवार बदल करणे हिताचे असते.

संदावितवायु-गाराभराई यंत्रांपेक्षा ड्युप्लेक्स गाराभराई पंप या कामाकरिता पसंत करणे अधिक श्रेयस्कर आहे.

७. दृढीकरण-गाराभराई

अन्व दृष्टीने चांगल्या पण स्तरभंग झालेल्या अगर खूप चिराळलेल्या पायाच्या खडकांतील चांगल्या दगडाचे, धरणांच्या पायथ्यांत निर्माण झालेल्या दावामुळे, स्खलन होण्याची दाट शक्यता असते. अशा तऱ्हेच्या दगडांचे गाराभराई करून, यशस्वीरीत्या दृढीकरण करणे शक्य होते. यांतील क्रियापद्धती गारापटल पद्धतीचे जे वर्णन केले आहे तिच्याशी पुष्कळच जुळतात. त्यात शिवणी स्वच्छ करण्याची क्रियाही समाविष्ट आहे. परंतु, त्यांची खोली क्वचितच तितकी असते.

दृढीकरण-गाराभराई सुरू करण्यापूर्वी सर्व शिवणी पूर्णपणे स्वच्छ करणे अगत्याचें आहे. वारिस धरणांत मोठ्या प्रमाणात दृढीकरण-गाराभराई करण्यात आली होती. या क्रियापद्धतीचे हें एक चांगले उदाहरण म्हणून दाखविता येईल. त्याची माहिती अनुच्छेद ४० परिच्छेद १४ मध्ये दिली आहे.

८. खडकाच्या पायांतील निःसारण

धरणाच्या पायावरील व पायातील शिवणीमधील जलस्थित दाब व उत्क्षेप कमी करण्यासाठी, शिवणयुक्त खडकात व उंच धरणाच्या बाबतीत तर तेहमींच, वेधनांची एक रांगच खोदणे इष्ट असते. ही रांग पायाच्या दगडात पूर्वी टाकलेल्या गारापटलाच्या खालच्या बाजूस खोदावी लागते. अकृति १ पहा. ही निःसारणवेधने निःसारणाकरिता ठेविलेल्या वांग्याणी जोडलेली असताना अगर अन्य उपायाने हे पाणी पुच्छ-जळात सोडण्यात येते.

या निःसारण छिद्रांची खुदाई सर्व काम पुरे होईपर्यंत करू नये. तसेच ही छिद्रांची रांग गारापटलाच्या खालच्या दिशेस द्याव्यात अंतरावर खोदावी. त्यामुळे फक्त उघड्या पडलेल्या शिवणीचाच छेद होईल. गारा-छिद्रांच्या जळदाब पद्धतीच्या चावणीचे पूर्वी वर्णन केले आहे त्याच पद्धतीने निःसारण-छिद्रांची चावणी घेण्यात येते व गारापटलाच्या संदर्भात या छिद्रांच्या जागा निश्चित करता येतात.

निःसारण छिद्रांचा आकार, या छिद्रामधील अंतर आणि त्याची खोली निश्चित करण्याकरिता कांही ठराविक असा नियम नाही. या घटकांचे निरनिराळ्या प्रकारचे संयोजनात्मक प्रयोग करून त्यांचे तुलनात्मक परिणाम पहाणे अत्यंत जरूरीचे असते. ही छिद्रे ३ ते ६ इंच व्यासांची व ५ ते २० फूट अंतरावर घेतली जातात. त्यांची खोली खडकाच्या गुणधर्मावर अवलंबून असते पण ती खडकांतील पायाच्या रुंदीच्या सरासरी १ ते १/२ ठेवणे योग्य असे मानले जाते. निःसारण छिद्रे गाऱ्याच्या छिद्रापेक्षा जास्त खोल ठेवण्यांत कांहीच अर्थ नसतो.

९. शैलयुक्त पायांच्या चवड्याचे संरक्षण

सांडवायुक्त धरणांच्या चवड्याच्या जवळच्या खडकांच्या संरक्षणांची, विशेषता खडकांतील स्तर जर आडवे असतील तर अनेक वेळा जरूरी असते. ओसंडणाऱ्या पाण्याची उच्च गति, खडकाचे क्षरण न होईल इतकी, कमी करण्याच्या पद्धतीचे वर्णन या प्रकरणाच्या २६ ते ३९ या अनुच्छेदांत केले आहे.

खडकाचा पाया आणि बंधारा ग्रामध्ये निरनिराळ्या प्रकारच्या निःसारण-नाल्या काढण्यांत येतात. त्यांत निःसारण छिद्रांचे वेधन झालेले नसते. परंतु, धरणाच्या पायथ्यापेक्षा धरणाखालील आडव्या थराच्या खडकांत निःसारण-नाल्यांची जरूरी जास्त असते असे मानणे संयुक्तिक आहे. पुच्छ-जळाच्या साधारण

पातळीवर. नाल्याचे पाणी बाहील अशा उंचीच्या या सर्व नळ्या ठेवाव्यात म्हणजे गळती किती होत आहे हे समजून येते.

३ मातीतील पायावरील उपचार

१०. सामान्य विचार

मातीतील पायावर पुष्कळ काँक्रीटची धरणे बांधण्यांत आली आहेत. परंतु, या देशांत (अमेरिकेत) ती चांगल्या मातीच्या पायावर ३५ फूट आणि त्यापेक्षा कमी प्रतिरोधक शक्ति असलेल्या मातीच्या पायावर ३० फूट उंची पर्यंतच बांधण्यांत आली आहेत. धूप आणि मोठ्या प्रमाणांत होणारा पाऊस यांविषयाकरिता खडकांतील पायाच्या बाबतीत जे उपाय करण्यांत येनात त्यापेक्षा मातीच्या पायाच्या बाबतीत असे उपाय करणे फार खर्चाचे होते म्हणून धरणाची उंची वरील प्रमाणे सीमित केलेली असावी. वस्तुतः धरणाच्या बांधकामाच्या एकंदर खर्चात मातीच्या पायाच्या संरक्षणाकरिता लागणाऱ्या खर्च हा फार मोठा घटक असतो. म्हणून मध्यम आणि उंच धरणांत दुसऱ्या प्रकारचे बांधकाम करणे असर धरणांची जागा बदलणे चांगले असे आढळून आले आहे. नेहमी पेक्षा वेगळा किंवा जास्त खर्च करण्यासाठी पुरेसा निधि उपलब्ध असला आणि रचनेच्या दृष्टीने उंचीवर मर्यादा घालण्याचे प्रयोजन नसले तरी वर नमूद केलेल्या उंचीपेक्षा जास्त उंचीची धरणे क्वचितच आढळतात.

मातीच्या धरणांत, त्याच्या पायावर उपचार करतांना, खालील पांच उद्दिष्टे नजरेसमोर ठेवली पाहिजेत.

- (अ) बांधकामाची धारणाशक्ति विपुल असेणे.
- (ब) स्खलन क्रियेला प्रतिरोध करणे.
- (क) धरणाच्या खालून अतिशय पाझर न होऊ देणे.
- (ड) नीरक्रिया होऊ न देणे.
- (इ) धरणावरून पडणाऱ्या पाण्याने धूप न होऊ देणे.

११. मातीच्या पायाची धारणाशक्ति

८ व्या प्रकरणाच्या चौथ्या अनुच्छेदांत मातीच्या पायावर किती वजन असू देणे शक्य आहे याबद्दल विवरण केले आहे. बांधकामाचे प्रमाणापेक्षा

जास्त अवस्थापन न होऊ देणें जरूरीचे असते. विशेषतः असमान अवस्थापन होणें आक्षेपार्ह असतें. कारण बांधकामाचा घट्टपणा त्यांतील अवस्थापन चिरांच्या अनुपस्थितीवर अवलंबून असतो.

मातीवरील पोकळ धरणांच्या बाबतींत धारणदाब कमी करण्याकरितां जास्त रुंदीचा पाया बांधला जातो. प्रकरण १४, आकृति ९ मध्ये पोकळ बांधणीच्या “माथीम डाइक” धरणाचे वजन संपूर्ण पायथ्यावर गादी पसरून कमी करण्यांत आल्याचे दाखविले आहे.

भारीव धरणाचे वजन अंचलांच्या साहाय्याने (जास्त क्षेत्रावर) पसरविता येते आणि त्याकरिता हा अंचल, पुष्कळ वेळा, सलोहित करण्यात येतो. काही वेळा भारवाही स्थूणाही वापरणें जरूरीचे असते.

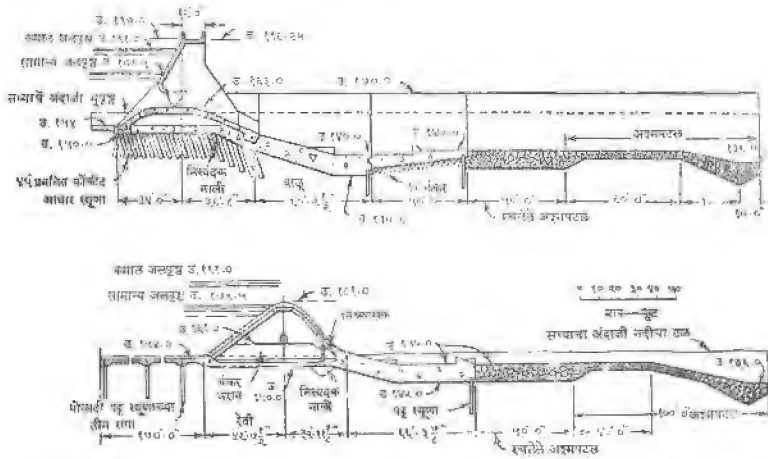
१२. भारवाही स्थूणा

अतिशय कमकुवत पायामध्ये लाकडी, काँक्रीटच्या किंवा लोखंडी अशा अनेक प्रकारच्या भारवाही स्थूणांचा वापर करण्यांत आला आहे. कोणत्या प्रकारच्या स्थूणा वापरावयाच्या हे त्या ठिकाणाच्या पायांतील द्रव्याच्या गुणधर्मावर आणि किती लांबीच्या स्थूणा लागतील यावर अवलंबून असते. भारवाही स्थूणांचा विषय फार व्यापक असल्याने या ठिकाणी त्याचा सविस्तर विचार करणें शक्य होणार नाही. याकरितां बाचकांनी अमेरिकन सोसायटी ऑफ सिव्हिल एंजिनियरिंगच्या सॉइल मेकॅनिक्स विभागाच्या आयोगाचा आणि वॉटरवेज विभागाच्या पाइल फॉंडेशनच्या भारवाहक क्षमतेची पहाणी करण्याकरितां नेमलेल्या आयोगाचा अगदी अलीकडील अहवाल वाचावा. काटनाली, स्थूणा, भारवाही स्थूणा अगर अन्य प्रकारच्या कोणत्याहि स्थूणा वापरण्याने पायामध्ये द्यतमदृश्य परिस्थिती निर्माण होण्याची शक्यता असते. हे टाळण्याकरितां काळजी घेतली पाहिजे आणि या करितां नीर क्रिया न व्हावी म्हणून निस्पंदक नाल्यांची योजना केली पाहिजे. (पहा आकृति १२ आरेखन) आणि जलसाव मार्गाची लांबी पुरेशी वाढविण्याकरितां धरणाच्या अपरप्रवाही वाजूस (आवरणाची) योजना केली पाहिजे. कांहीवेळां हे दोन्हीहि उपाय अंमलात आणावे लागतात.

जर पायांतील रुंदी वाढविता येणें शक्य असेल तर भारवाही स्थूणा वापरण्याचे टाळावे. दर घन फुटास १०० पोंडांपेक्षा कमी शुष्क वजन असलेल्या पायाकडे फार साशंक दृष्टीने पाहिले पाहिजे. अशा तऱ्हेच्या पायांतील सुटे द्रव्य सामान्यतः काढून टाकावे.

१३. मातीच्या पायावरील स्खलन.

या पुस्तकांत इतरत्र खुलासेवार सांगितल्याप्रमाणे धरणांचे स्खलन रोखणे अवघ्य आहे. ज्या ठिकाणी माती आणि काँक्रीट यांच्यामधील घर्षण-गुणांक कमी असतो त्याठिकाणी जर उभ्या स्थूणा वापरल्या तर पाण्याच्या दावाच्या प्रतिरोध करणे शक्य होते. अर्थात् त्यावेळीं किंचित् आडवा विक्षेप होईल हें अपेक्षित असते. कांही कामांत हे विक्षेपण^१ किती होते हे पहाण्याकरितां पूर्ण आकाराच्या स्थूणावर चांचणी घेण्याकरितां गुफेकळ खर्च करण्यांत आला आहे. अर्थात् असा निष्कर्ष बरोबर येण्याकरितां ही चांचणी एकट्या दुकट्या स्थूणावर न करितां स्थूणा-समूहावर केली जाते.



आकृति ४. हंपीरअल डॅम. कोलोरॅडो नदी, अॅरिझोना. (परिच्छेद ६, अ. ४०).

कांही धरणांचे बाबतींत (आकृति ४ पहा) उतार असलेल्या स्थूणा वापरून प्रारंभिक स्खलन प्रभावीपणे थांबविण्यांत आले आहे. आकृति ९ प्रकरण १४ त दाखविलेल्या माथील डाइक धरणांत त्याच्या चवइचाणी आणि मध्यावर वापरलेल्या आडव्या फाटल्या धरणांचे स्खलन रोखण्या करितां महान म्हणून वापरल्या आहेत.

बांधकामाच्या टाचेपाशी असलेल्या काटबांधाला धरण पूर्णपणे जखटून बंधाऱ्याची स्खलन-प्रतिरोधकता कांहींचे बाबतींत वाढविण्यांत आली आहे.

तळदीप १ पल: श्री. फीजिन 'सेंट्रल पार्श्व ब्लेडिंग प्रेस' डॅ. अ. सो. सि. डॅ. १९३७, पान २३६.

स्टोनी रिव्हर डॅम येथीलच्या पायावर आधारित आहे. त्याच्या एका भागातील अशा काटबांध आ. २ मध्ये दाखविला आहे. ज्या ठिकाणी धरण चिकण मातीच्या पायावर बांधलेले असते अशा ठिकाणी स्खलनाला प्रतिरोध करण्याकरिता गाच पट्टीची अवलंब केली जाते. अर्थात्च आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे काटबांध मुख्य बांधकामाशी चांगल्या प्रकारे जखडून टाकला पाहिजे.

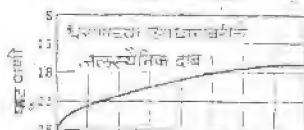
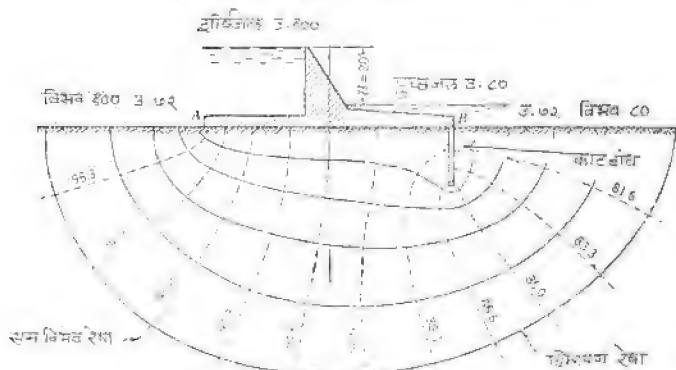
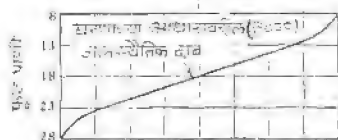
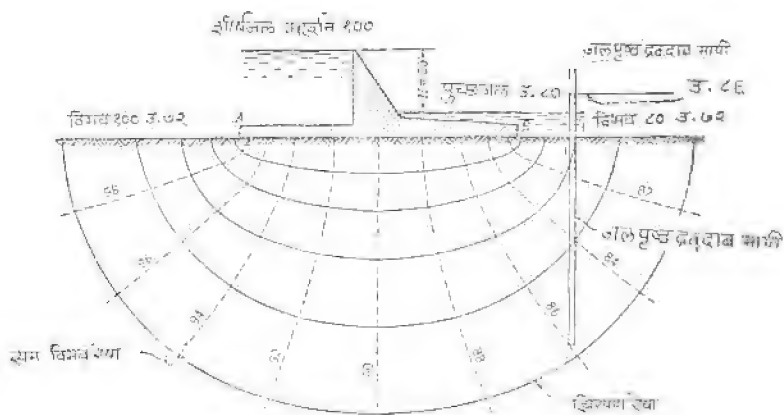
१४. प्रवाह-जाल

(पहा प्र. १३ अ. १२). जलजीर्माखाली असलेल्या मातीसारख्या मच्छिद्र माध्यमातील क्षरणरेषा आणि समविभवी रेषांच्या आरेखित निरूपणास प्रवाह-जाल म्हणतात. आकृति ९ अ-मध्ये जलजीर्माक्षण नाल्या अगरे काटमातीच्या तमलेल्या समधर्मी, समगुणी पायातील तमुनेदार प्रवाहजाल दाखविले आहे. A-B ही धरणातील जलाभेद्य भागाची लांबी आहे. अतूट रेषांनी प्रवाहरेषा आणि क्षरणरेषा दाखविल्या आहेत. आणि तुटक रेषांनी समविभवीरेषा दर्शविलेले आहेत; वास्तविक प्रवाह जालामध्ये कोणत्याही दोन प्रवाह रेषामधील किंवा दोन समविभवी रेषामधील एकूण क्षेत्र समधर्मी असते. याचाच अर्थ हा की, त्याच्या रुंदीचे लांबीशी प्रमाण एकच असते.

आकृति ९ दाखविल्याप्रमाणे कुठल्याही बिंदूवर लावलेल्या (दाखविल्या) मध्ये ज्या उंचीपर्यंत पाणी चढेल त्या उंचीवरील पातळीला त्या बिंदूचे विभव असे म्हणता येईल. समधर्मी, समगुणी द्रव्यांचे बाबतीत समविभवी रेषांनी क्षरणरेषा काटकोन करतात. कोणत्याही क्षरणरेषेवरील प्रवाहाची वर्षणहानी त्या धरणातील पाण्याच्या कोणत्याही दोन समविभवी रेषातील वर्षणामुळे जी जाणवता होते ती त्या दोन रेषामधील विभवाच्या फरकाइतकी असते.

क्षरणरेषांचा आकषणमार्ग जितका लांब असेल तितक्या प्रमाणात समविभवी रेषा एकमेकांपासून दूर होतात. लंबरेपेठे वर फुटात वर्षणहानी जितकी कमी तितका प्रवाहाचा वेग कमी; आणि दर चौ. फुटास त्याचे वहाण्याचे प्रमाणही कमी असते.

धरणाच्या पायथ्यावरील कुठल्याही पक्षाचा बिंदूपाशी अनंतात जलस्थैतिक दाब आकृति ९ (अ) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे प्रवाहजालावरून, त्या बिंदूच्या विभवामधून पायथ्याची उंची वजा करून मिळित करता येते. या दाबाचे मापन जलजीर्मांमध्ये केले जाते व ते फुटांत मांडले जाते. मातीच्या पायावर बांधल्या जाणाऱ्या धरणात जल स्थैतिक दाबाच्या शंभर टक्के उत्क्षेप होतो असे मानण्यात येते.



पायामधील गर्ब विहूतील क्षरणगुण ज्या प्रमाणांत वाढतील त्या प्रमाणात प्रवाहाचे मान आणि प्रवाहाचा वेगही वाढेल. परंतु प्रवाहजाल आणि धरणावरील उत्क्षेपाचे मान यात फरक होणार नाही.

सामान्य परिस्थितीमार्फत प्रवाहजाल विश्लेषणात्मक पद्धतीने निश्चित करता येते. परंतु कांही वेळां पायांत खालील परिस्थिती आढळून येते. तेथे अनेक काट्याल्या असतात. भिन्न भिन्न क्षरणगुणांची भिगे असतात. आणि इतर प्रकारच्या गुणावलीची परिस्थिती असित्वात असते. अशा ठिकाणाच्या प्रवाह-जालाची निश्चिती विद्युत् साक्ष्य प्रतिमान चाचणीच्या साहाय्याने करण्यांत येते.

या चाचणीचे आधारभूत तत्त्व हे आहे की मच्छिद्र द्रव्याचे वावतीतला जलप्रवाहविषयक डार्सीचा नियम व विद्युत् प्रवाह विषयक ओहमचा नियम हे एकसारखे असतात. याचाच अर्थ हा की, या प्रत्येक वावतीत विभव-हानी प्रवाहाचे अंतर आणि वेग यांच्याशी सम प्रमाणांत असते.

द्वितीय अव्यासकरितां आणणाला फक्त पायाच्या आडच्या छेदाच्या आकारासारखा एक सहाय विद्युत् संवाहक वसवावा लागतो. आणि त्याच्या निरनिराळ्या भागांची सापेक्ष संवाहकता पायाच्या सापेक्ष क्षरणगुणाद्वकीच असावी लागते. त्याचे एक अग्र जलशीपंदाव व दुसरे जलपुच्छदाव दाखविते; जलशीपंदाव व संवाहकावरील कोणताही विद्युत् पायामधील विद्युत्विभवाच्या हानीची टक्केवारी ही जलविभव आणि पायातील सर्वशुद्ध विद्युत् यांच्यामधील टक्केवारीशी मिळतीजुळती असते.

एका उथळ बणीमध्ये मीठ, असोनियम क्लोराईड किंवा अन्य योग्य प्रकारच्या संवाहकाचे द्रावण वापरून, संवाहकतेमध्ये ज्या प्रमाणांत फरक होवा असतो त्या प्रमाणांत द्रावणाच्या खोलीत बदल करून ही चाचणी करता येते. (पहा परि. ३, ८, १० आणि १२.)

या साधनांनी समविभवी रेखा प्राप्त करून, समविभवी रेखांशी क्षरणरेखा चौरस करतील अशा रितीने रेखाटण्यात येतात. बाळूच्या लहान, समघर्मी प्रतिमानांच्या साहाय्यानेही प्रवाहजाल रेखांकित करता येते. यावेळी निरनिराळ्या विद्युत् विभव मोजण्याकरितां दावमापी वापरण्यांत येतात. जर बाळूच्या प्रतिमानाची एक बाजू काचेची असेल तर पाण्याच्या प्रवेशाच्या पृष्ठतलावर निरनिराळ्या ठिकाणी रंग मिसळून क्षरणरेखा प्रत्यक्ष डोळ्यांनी पहाता येतात. मात्र क्षरणरेखा अगर समविभवी रेखांची माहिती दिली असल

तर प्रवाहजाल तयार करता येते. आदिरूपांत जे द्रव्य असते तेच प्रतिमानांत वापरण्याची जहरी नसते. मात्र सर्व ठिकाणी त्या दोन्हींचा सापेक्ष क्षरणगुणांक सारखा असला पाहिजे. वाळूच्या प्रतिमानांतील द्रव्याच्या लहानांत लहान कणाचा प्रभावी^२ आकार ०.७ मि. मि. पेक्षा लहान असू नये. कारण जर तो आकार लहान असेल तर केशाकर्षणामुळे होणारे निरूपण टाळता येणार नाही. त्यांचे सर्वांत जाड कण डार्सी नियमाचे अनुकरण करतात की काय याचीहि चाचणी घेणे इष्ट आहे.

डार्सी नियमाचे पालन होईल अशा बारिक तक्कड्या ठेवून त्यांतून बहाणाच्या प्रवाहाचाही उपयोग प्रतिमान चाचणी म्हणून करण्यांत येतो. (प्र. ११ अ. ४० पहा). क्षरणरेषात रंग मिसळूनही त्या दिसतील अशा करणे शक्य आहे.

पायाच्या क्षरणगुणाची चाचणी करणाऱ्या पद्धतीची माहिती प्र. १६, अ. २२व्या आणि इतर अनुच्छेदांत दिली आहे ती पहावी.

अवसादी मातीतील क्षरणक्षमता उभ्या दिशेपेक्षा आडव्या दिशेने नेहमी पुष्कळच (५ ते १५ पट) जास्त असते. त्यामुळे प्रवाहजालांत बराच फरक पडतो आणि नीरक्रियेचा धोका वाढतो. आजपर्यंत तयार केलेल्या कूठल्याही प्रतिकृतीत ही परिस्थिती जशीच्या तशी निर्माण करता आलेली नाही. तरी-सुद्धा प्रतिकृतिचे आडवे माप तिच्या उभ्या मापाच्या "p" टक्के ठेवून चाचणी घेता येते. येथे "p" चे प्रमाण खालील समीकरणाने काढता येते.

$$p = \sqrt{\frac{K_v}{K_h}}$$

K_v म्हणजे उभ्या दिशेच्या क्षरणाचा गुणांक म्हणजेच एकांक क्षेत्रांतून वर्षणाच्या एकमात्री उताराने निर्माण होणाऱ्या निसारणाचे मान, K_h म्हणजे तत्सदृश आडव्या दिशेचा गुणांक.

चाचणी आणि आलेखन केल्यावर आदिरूपाची अवस्था येथ्याकरिता प्रतिमान-चित्राची आडव्या दिशेची सापे आणि प्रवाहजाल p या प्रतिशताने विभागण्यांत येते.

ज्या ठिकाणी जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत काटमार्ग बांधता येईल अशी शक्यता नसते अशा सर्व महत्त्वाच्या धरणांच्या बाबतींत प्रवाहजाल निश्चित करणे जहरीचे असते.

तळदीप २. ज्याचा आकार १० टक्क्यापेक्षा मोठा व १० टक्क्यापेक्षा लहान असा,

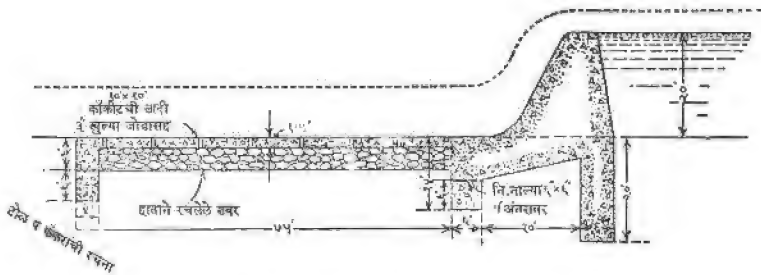
३. ए. कॅसाग्रॉड (ए. फ. सॅमसिओ संतर) डू. अ. से. सि. इ. १९३५ पा. १२९२.

प्रवाहजालांत दाखविलेली सर्वांत आखूड क्षरणरेषा म्हणजे “सर्वांत आखूड क्षरणमार्ग” होय. क्षरणाचा पायथरा आणि कांटमार्ग यांचा पायाशी जेथे संयोग होतो त्या ठिकाणच्या रंगेला क्लाय आणि लेन या तज्ज्ञांनी सर्पण-रेषा अशी संज्ञा दिली आहे. अनुच्छेद १८ मध्ये यासंबंधी विस्तृत चर्चा केली आहे. पायाच्या इतर भागापेक्षा सर्पण-रेषा जर जास्त क्षरणशील असेल तर त्या ठिकाणी समधर्मीय प्रवाहजाल लागू करता येणार नाही. कारण तेथे क्षरण सर्पण-रेषेच्या मार्गाने होऊ लागेल. “क्षरण-मार्ग” ही संज्ञा येथे सर्वसाधारण अर्थाने वापरण्यांत येईल. कारण ज्या लक्षणांचा परिणाम क्षरणमार्गावर होईल ती लक्षणे समधर्मीय पाया आणि सर्पणरेषा या दोन्हीच्या सिद्धांतांतही लागू पडतील. समपरिस्थितीत क्षरणमार्ग जर लांब असेल तर तेथे गळतीचे प्रमाण कमी होईल आणि त्यामुळे नार्गक्रियेची संभाव्यता कमी होईल. ‘क्षरण मार्गाच्या लांबीचा उत्क्षेपावरील परिणाम’ यासंबंधीचा खुलासा अ. १७त केला आहे.

क्षरणाच्या वरच्या वाजूस आणि खालच्या वाजूस अंचल वापरून अगर एक किंवा अनेक कांटमार्ग बांधून किंवा या सर्वांच्या संयोजनाने क्षरणमार्गाची लांबी पाहिजे तेंवढी वाढविता येते. यासंबंधी अधिक व्यापक विवेचन पुढे केले आहे. विविध प्रकार आणि त्यांची संयोजना या गोष्टी सुचविल्या गेल्या व त्याप्रमाणे बांधकामही करण्यांत आले आहे. या बाबतीत आधुनिक प्रथेसंबंधी पुढे उद्‌घापोह करण्यांत येत आहे.

१५. मातीच्या पायामधून होणारे झिरपण

ज्या ठिकाणी बंधाऱ्याचा पाया मातीवर आधारलेला असतो तेथे थोडेसे झिरपण होणे अपेक्षित असते. माटविलेल्या पाण्याच्या व्ययामुळेच नव्हे तर

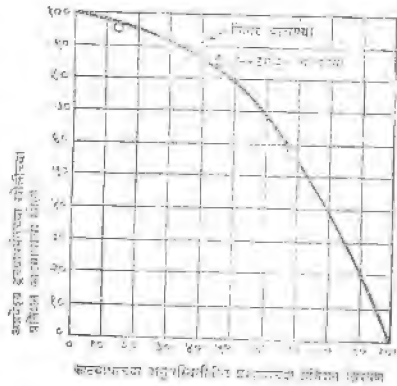


आकृति ६. ग्रॅनाइट रीफ क्षरण - सॉल्ट नदी, अँरिझोना.
(“ग्रॅमनचे” दि डिझाईन अँड कन्स्ट्रक्शन ऑफ डॅम्स.)

प्रामुख्याने झिरपणामुळेच नीरक्रियाचा धोका निर्माण होण्याची शक्यता असल्यामुळे पायातून अपारमित झिरपण होणे आपत्तिजनक असते. जलाभेद्य दगडापर्यंत अगर स्तरापर्यंत काटवांध बांधून किफायतशीरपणे झिरपणाचे मान कमी करता येते. तसेच पूर्वी वर्षात केल्याप्रमाणे धरणमार्गाची लांबी वाढवून ते कमी करणे शक्य असते.

गडूळ प्रवाहातून वाहून आलेली माती जलाशयाच्या तळाशी वसते. त्यामुळे पायातील छिद्रे पुष्कळवेळा बंद होतात आणि झिरपणाचे मानही कमी होते. आकृति ६ मध्ये दाखविलेले गॅनाइट रीफ धरण गांठ आणि लहान दगड यांच्या पायावर बांधलेले आहे. तेथे धरणातील धरण मार्गाची लांबी धरणातील जलशीर्षाच्या अंदाजे फक्त निष्पट होती. धरण चालू केल्यावर सुरुवातीला त्यातून थूपच झिरपण होत होते. पण नवीन मोठ्या प्रमाणात वाहून आलेल्या गाळ मातीने ते लवकरच बंद झाले. धरणावरील जलाभेद्य स्तरापर्यंत काटमार्ग पूर्ण-

पणे बांधल्याशिवाय तो कार्यक्षम होत नाही. लेखकाने संशोधनात्मक चाचणी करून आणि नेत्रास्कातील किस्ले धरणावर टर्नबुलने केलेल्या चाचणीच्या परिणामावरून केलेले आलेखन आकृति ७ मध्ये दाखविले आहे. आणि त्यांत झिरपण आणि काटमार्गाची खोली यांचे परस्पर संबंध दाखविले आहेत. लेखकाच्या चाचणीत धरणाच्या हंदीचे धरणक्षम द्रव्याच्या खोलीशी गुणोत्तर १.४ आहे, असे दिसून आले; तर तेच किंगडलेधरणाच्या बाबतीत १.४ असल्याचे आढळले.



आकृति ७

आकृति ७ वरून जलाभेद्य द्रव्यापर्यंतच्या अंतराच्या ९० टक्के इतके अंतर व्यापिलेला काटवांध बांधण्यात आला होता. तरीही काटवांध नसताना जितके झिरपण झाले असते त्याच्या ३५ टक्के झिरपण काटवांध बांधूनही आले असे दिसून येते.

जर पायाच्या क्षरणगुण "K" ज्ञात असेल तर प्रवाहजालाच्या साहा-
यास बंधान्याच्या कोणत्याही लांबीतून झिरपण किती होईल हे काढता येते.
क्यापडेन असे दाखविले आहे की, प्रवाहजाल जर चौरसाचे बनलेले असेल
तर दर सेकंदाच्या होणाऱ्या झिरपणातील बट खालील समीकरणाने प्राप्त
करणे शक्य आहे.

$$Q = \frac{LKH_s}{60} \quad [४]$$

येथे Q = दर सेकंदास होणारा प्रवाह—घ. फूट.

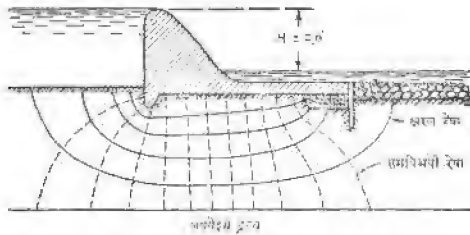
L = धरणाची लांबी—फूट.

K = द्रव्याचा दर मिनिटास दर चौ. फूट क्षेत्रातून होणारा क्षरण
गुणांक—घ. फूट.

H = धरणावरील जलशीर्ष—फूट.

s = एकमेकांला लागून असलेल्या कोणत्याही दोन समविभवी
रेषातील चौरस आणि एकमेकांच्या शेजारी असणाऱ्या दोन
क्षरणरेषातील चौरस यांचे प्रमाण.

उदाहरणार्थ, क्षरणगुणांक K जर एकांक उतारामुळे पायाच्या दर मिनिटास,
दर चौ. फूटात होणाऱ्या निःसारणाइतका असेल तर दर चौ. फूटात लांबीत
घर्पणहानी "एकांकच" होईल.



आकृति ८. झिरपण मापताकरता तयार केलेल्या प्रवाह—जालाचे उदाहरण

आकृति ८ मध्ये शेजारील दोन समविभवी रेषांत पांच चौकटी आहेत.
आणि क्षरण रेषांच्या एकमेकांजवळच्या दोन रांगात चौकटी १२ आहेत.

तळटीप ४. तळटीप ३, पृष्ठ १२९०, प्रमाणे

$$\text{म्हणून } s = \frac{4}{9.2} = 0.496$$

जर $K = 40 \times 10^{-4}$ घ.सें.मी. दर चौ.सें.मि.स^४ आहे असे धरले आणि त्याचे घन फुटास रूपांतर केले तर ते—

$$K = \frac{40 \times 60}{100000 \times 30.48} = 0.00968 \text{ दर मि.स दर चौ. फु.स. घनफुट}$$

इतकें होतें.

आणि जर $H = 20$ फूट आणि $L = 400$ फूट असेल तर दग सेकंदास अपेक्षित प्रभाव.

$$Q = \frac{400 \times 0.00968 \times 20 \times 0.496}{60} = \text{द.सें. स. } 0.62 \text{ घ. फुट होईल}$$

प्रवाहजालाचे साहाय्याखेरीज झिरपणाचे संगणन करणें फार कठीण आहे. अ. ४० मधील विशेषतः प. ३, ७ आणि ८ मधील माहितीचा अभ्यास करून आणि विचाराधीन परिस्थितीशी जास्तीत जास्त समान अशा परिस्थितीतील प्रवाहजालाच्या माहितीचे दुसरें मार्गही चौखालून त्याला समीकरण ४ लावणें हा उत्तम मार्ग होय.

प्रकरण १ मध्ये सुचविल्याप्रमाणें क्षरणक्षमतेची चाचणी केलेली नसेल पण त्या द्रव्याचे यांत्रिक विश्लेषण करून गुणधर्मांची अंदाजी माहिती जात झाली असेल तर प्रकरण १६ क्र. २ च्या सारणीवरून क्षरणगुणांक घेता येईल. निरनिराळ्या द्रव्यांचा प्रभावी आकार व सच्छिद्रता या गोष्टी समान असल्या तरी त्यांच्या क्षरणगुणांकांत कित्येक प्रतिशत् फरक पडत असल्याने या गुणांकांत ज्यास्त बिनचुकता प्राप्त होणें शक्य नसते.

१६. नीरक्रिया

व्याख्या—बंधान्याच्या खालील मातीतून बाहेर येणाऱ्या क्षरणजलाच्या वेगामुळे पायातील द्रव्यांची जी हालचाल होते तिला नीरक्रिया असे संबोधण्यांत येते. द्रव्यांतील निरनिराळ्या आकाराचे मृत्तण उचलण्यास (क्षरणजलाची) गति किती लागेल हे निश्चित करण्याची अनेक सूत्रे लिहिली गेली आहेत. परंतु ज्यावेळीं पायातील कोणत्याही विदूवर क्षरणजलाचा दाब, क्षरणजलाच्या समविभवी रेषांनी दर्शविल्याप्रमाणें, त्या विदूवरील मातीच्या संपृक्त बजनापेक्षा जास्त असतो त्यावेळीं “प्रारंभिक” नीरक्रिया सुरू होते. या अवस्थेत ती

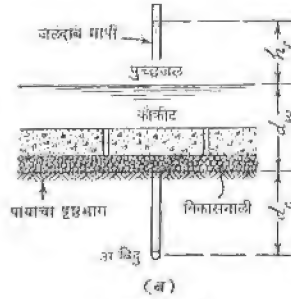
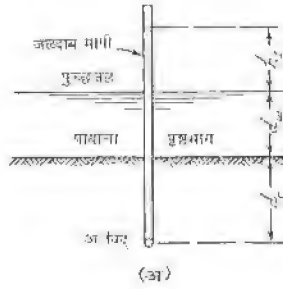
तळटीप ५ प्रयोगशाळेतील नेश्मीचे नामाभिधान.

माती अतिसंपृक्त, शीघ्रवाही आणि कोणतेही वजन संभाळण्यास असमर्थ होते; आणि प्रत्यक्ष नीरक्रिया होणे अपरिहार्य असते. म्हणून त्या अवस्थे-संबंधीच बंधाऱ्याचे अन्वेषण करणे जसरीचे असते.

ज्यावेळी क्षरणजल बाहेर पडते त्यावेळी आकृति ९ अ मधील "अ" या विदूषमाणे जमिनीच्या पृष्ठतल्याखालील सर्व विदूष्या अस्थिर अवस्थांच्या कृतिं अन्वेषण करावे.

अ या विदूषजळ एकांकी उपरी दाव पायझोमीटरमध्ये पाणी ज्या उंचीपर्यंत चढेल त्या उंची इतका असतो. किंवा.

उपरी दाव $= ६२.५ (d_c + d_w + h_f)$
 h_f हा जमिनीचा पृष्ठतल आणि 'अ' विदूषांच्यामधील घर्षणहानी दाखवितो. 'अ' विदूष्या जवळ एकूण अधोमुखी दाव हा 'अ' विदूषवरील मातीचे एकूण वजन आणि त्यावरील पाण्याचे वजन या दोन्हींच्या बेरजे इतका असतो. म्हणून



आकृति ९

$$\text{अधोमुखी दाव} = ६२.५ d_w + ६२.५ d_c + w d_c$$

$$w = \text{मातीचे निमज्जित वजन.}$$

साम्यावस्थेकरिता ही समान असली पाहिजेत. किंवा $w d_c = ६२.५ h_f$ असे असले पाहिजे. म्हणजेच अ विदूषवरील मातीचे निमज्जित वजन हे अ हा विदूष आणि जमिनीचा पृष्ठतल यांच्यामधील घर्षणबलाइतके असले पाहिजे.

निमज्जित पाण्याच्या दर घनफुटाच्या ६२.५ पींड अंदाजी वजनाकरिता $d_c = h_f$ असतो. नीरक्रिया होऊ नये म्हणून सुरक्षागुणांक

$$S = \frac{d_c}{h_f} \text{ असला पाहिजे.} \quad [५]$$

h_f/d_c म्हणजेच घर्षण प्रवणता असल्याने आणि अ विदूष व जमिनीचा पृष्ठतल यातील वर्चसीय हानी इतका h_f हाच असल्यामुळे ५ कमांकाचे समीकरण दोन तऱ्हेने मांडता येते. आणि योजक या दोन्हींचा उपयोग करतात.

- (१) पायांतील कोणताही बिंदु आणि पृष्ठतल यामधील घर्षण प्रवणता ही एकपेक्षा कमी असली पाहिजे.
- (२) पायांतील कोणताही बिंदु आणि पृष्ठतल यामधील वर्तनीय हाती ही पृष्ठतलापर्यंतच्या अंतरापेक्षा कमी असली पाहिजे.

पायाच्या पृष्ठतलावर जर काँक्रीट अगर इतर द्रव्य नसेल तरच त्या अवस्थेत वरील विश्लेषण लागू पडते. जेव्हा धरणांतील काँक्रीट किंवा खान्दच्या बाजूचे आवरण हे मातीवर प्रत्यक्ष टाकलेले असते तेव्हा अनुच्छेद १४ आणि १७ मध्ये स्पष्ट केव्या प्रमाणे ती फक्त उत्क्षेपाच्या दावाच्या संतुलनाची वाच असते.

धरणाखाली ज्यावेळी निःसारण नाली ठेवलेली असते किंवा प्रवाहाभिसृष्ट अंचल वसविलेला असतो तेव्हा निःसारण नालीजवळ धरणाचा पायथः उत्क्षेप-शून्य असतो. परंतु, पूर्वी विवेचन केल्याप्रमाणे पायांतील प्रत्येक बिंदूचे त्या-मधून होणाऱ्या आरंभिक नीरक्रियेकरितां अन्वेषण केले पाहिजे. याचान् अर्थ हा की, नीरक्रिया होऊ नये म्हणून निःसारणनाल्या भारान्वित केल्या पाहिजेत.

आकृति ९ ब मध्ये प्रातिनिधिक अवस्थांचे निदर्शन केले आहे. आणि आकृति ९ अ करितां जे विश्लेषण पूर्वी केले आहे ते आकृति ९ ब करिताही काटेकोरपणे लागू पडते. मात्र यावेळीं नाली आणि काँक्रीट यांचे निमज्जित वजन विचारांत घेतले पाहिजे. आरंभिक नीरक्रिया म्हणजेच नालीचे खाली मातीचे शीघ्रवहन होऊ नये म्हणून आवश्यक सुरक्षितेकरितां परिणामकारक समीकरण खालीलप्रमाणे असावे.

$$S = \frac{d_e + \bar{w}}{62.5} \quad [५ a]$$

$$h_f$$

ज्या पायाचे बाबतीत आडव्या आणि उभ्या क्षरणगुणांचे गुणोत्तर हे पक्के निश्चित केले आहे आणि प्रतिमानाच्या साहाय्याने ज्याची चांगल्याप्रकारे चाचणी करण्यांत आलेली आहे अशा पूर्णपणे अन्वेषण केलेल्या एकजिनसी पायाकरितां सुरक्षागुणक S हा ४ असावा अशी लेखकांची शिफारस आहे. पायाच्या दैर्घ्यासंबंधी माहिती मिळविली असल्यास अगर तशी ती उपलब्ध नसल्यास त्या त्या परिस्थितीनुरूप आणि (वैज्ञानिकाच्या) तारतम्यानुसार हा सुरक्षागुणक ४ पेक्षाही जास्त ठेवावा लागतो. पायाची प्रतिमान चाचणी

केली आहे अगर नाही यावर आणि तसेच विशेषतः पाया स्तरयुक्त आणि भिजे असलेला सापेक्षतेने क्षरणक्षम असा खडक असले तर त्या परिस्थितीतही सुरक्षामुणक जास्त ठेवावा लागेल. अगमाधानकारक परिस्थितीत सुरक्षामुणक १० किंवा त्याच्या पेक्षाही जास्त ठेवला तर तो अतिशय आहे असे म्हणता येणार नाही.

पुढे असे दाखवून देण्यांत येईल की, जलनिःसरणाचे योग्य प्रकारे नियंत्रण करून असे सुरक्षामुणक सुलभरितीने प्राप्त करता येतात.

समविभवी रेषा जितक्या एकमेकांच्या जास्त जवळ असतील तितका क्षरणवेग जास्त वाढेल आणि सरळ लंब रेषेत विभवहानीही जास्त होईल. आकृति ५ अ मधील अन्वेषणाकरिता वापरलेल्या माध्या उदाहरणावरून असे दिसून येईल की, समविभवी रेषा A आणि B जवळ इतर ठिकाणांपेक्षा जास्त चिकटून आहेत. अर्थात हे उदाहरण अभिकल्पनेकरिता म्हणून शिफारस केलेले नाही. ज्या ठिकाणी पाणी एकाद्या अकस्मिक येणाऱ्या वळणाच्या बाजूने वहाते अशा प्रत्येक उदाहरणाला बरील परिस्थिती लागू पडते म्हणजे अशा जागी तुलनेने विभवहानीचे मान आणि क्षरणवेग फार जास्त असतो. ज्या ठिकाणी पाणी वळण घेते त्याच विद्वर तत्त्वतः हा परिणाम अपरिमित प्रमाणांत होत असतो.

जेथे प्रवेश्य पृष्ठतलावर आणि पायांतील द्रव्याची हालचाल होऊ शकत नाही व त्याच्या हालचालीला कोठे बाबही नसते अशा ठिकाणी ही बाब तितकीशी काळजी करण्यासारखी नसते. परंतु, ज्या ठिकाणी बंधाऱ्याच्या खालून प्रवाहजाल बाहेर पडते त्या ठिकाणी भात नीरक्रिया होण्याची परिस्थिती निर्माण होते.

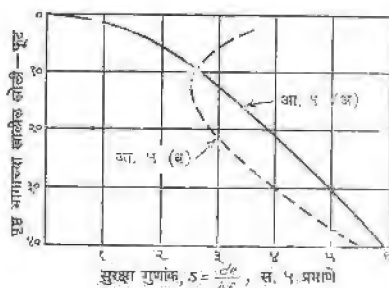
आकृति ५ (अ) मध्ये 'B' या बिंदुपाशी प्रवाहाचा वेग जास्त असल्याने तेथे नीरक्रिया तक्की होईल.

बंधाऱ्याच्या खालच्या बाजूस आकृति ५ (ब) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे काटबंधाची जोड देऊन नीरक्रियेच्या बाबतीत या सैद्धांतिक अवस्थांत सुधारणा करता येते, कारण, हा जास्त वेगाचा प्रवाह काटबंधाचे खाली वळविता येतो.

परंतु हे लक्षांत ठेवले पाहिजे की, खालच्या काटबंधामुळे खालच्या बाजूच्या आवरणावर मोठ्या प्रमाणांत उत्क्षेप निर्माण होतो आणि ही अवस्था आक्षेपाई आहे. उलटपक्षी ज्या ठिकाणी प्रमाणित निःसारण योजना अंमलांत

आणलेली नसते त्या ठिकाणी पृष्ठतळातून बाहेर येण्याच्या प्रवाहाचा वेग कमी करण्याकरिता कांही खोली पर्यंत तरी चवड्याजवळ काटवांघाची नसवूद करणे अत्यंत जरूरीचे आहे.

आकृति १० मध्ये दोन्ही प्रकारच्या अभिकल्पामधील तुलनात्मक सुरक्षितता दाखविली आहे. आकृति (५अ) मध्ये नीरक्रियेविरुद्ध असणारा सुरक्षा गुणांक जमिनीच्या पृष्ठावर शुन्य असून जसजमी त्याच्या खालची खोली वाढते तसतसा तो ही वाढतो. आणि आकृति (५ब) वरून जमिनीच्या १३ फूट खाली तो कमीत कमी २.५ असून इतर ठिकाणी त्या पेक्षाही तो जास्त आहे असे दिसून येते.



आकृति १०

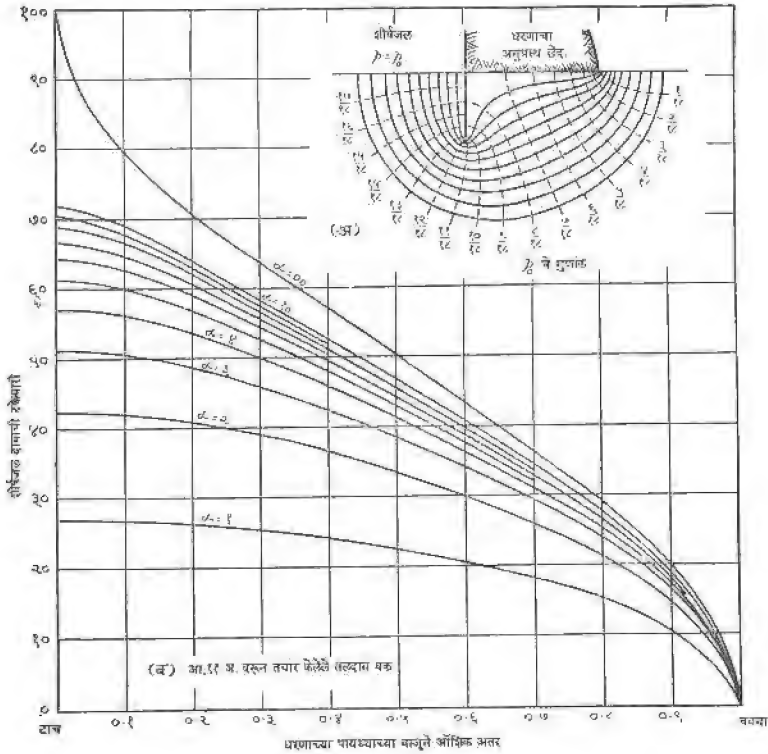
आकृति ५ व मधील काटवांघाचा असाही फायदा होतो की, बंधाऱ्यावरून पडणाऱ्या पाण्यासुद्धे त्याच्या (क्षरणाच्या) चवड्याजवळ होणाऱ्या धुपापासून त्याचे संरक्षण होते. म्हणून संभाव्य धूपाची प्रतीमानामध्ये चाचणी करून ज्या खोलीपर्यंत धूप होण्याची शक्यता असते त्यापेक्षाही जास्त खोलीपर्यंत हा काटवांघ बांधला पाहिजे.

१७. उत्क्षेप

पूर्वीच्या प्रकरणांत उल्लेख केल्याप्रमाणे बंधाऱ्याच्या बांधकामांच्या सुरक्षिततेची निश्चित करतांना त्याच्या पायथ्यावर होणाऱ्या उत्क्षेपाचा विचार केला पाहिजे. उत्क्षेप किती प्रमाणांत होईल हे प्रवाहजालाच्या साहाय्याने अ. १४ मध्ये निश्चित केले आहे. जर अशा ठिकाणी सादृश्य प्रतीमान चाचणी केली नसेल तर अ. १५त दाखविल्या प्रमाणे तत्सम अभिकल्पामधील प्रवाहजालांची तुलना करून त्यावरून उत्क्षेप किती प्रमाणांत होईल हे पाहिले पाहिजे. ज्या जागी पायाचे परिपूर्ण अन्वेषण केलेले नसेल आणि जेथे निरनिराळ्या क्षरण गुणकांची भिगे असतील अगर विषम अवस्था अस्तित्वात असतील त्या जागी सुरक्षितता गुणांक भरपूर प्रमाणांत ठेवला पाहिजे.

बंधाऱ्याच्या पायथ्याशी आणि आवरणाजवळ फक्त उत्क्षेपाचाच विचार करून भागत नाही. तर पायांतील खोल असलेल्या विद्वरील उत्क्षेपाचाही

विचार करावा लागतो. उदाहरणार्थ, ज्या वंधाऱ्याच्या अगर आवरणाच्या खाली पुरेशा प्रमाणात नाली ठेवली असेल तेथे त्याच्या पायथ्याशी उत्क्षेप निर्माण होणार नाही. तथापि पायथ्याच्या कांहीं फूट खाली असलेल्या बिंदूवर जलस्थित दाब अस्तित्वांत असतोच. पूर्वी उल्लेख केल्या प्रमाणे, त्याच्यामुळे त्याच्यावरील संपृक्त मातीचे वजन आणि तसेच आवरण आणि त्यावरील पाण्याचे वजनही बर उचलले जाईल. याचाच अर्थ असा की सर्व निस्यंदन नाल्या पुरेशा भारान्वित केल्या पाहिजेत. धरणाखालील अंचलावर उत्क्षेपाचे जे मान राहिल तितक्याच मानाचे अंचल आणि त्यावरील पाण्याचे वजन असले पाहिजे. मात या प्रकरणाच्या अ. २६ ते ३९ मध्ये वर्णन केल्याप्रमाणे उपलब्धित पाण्याच्या जोरामुळे अंचलावरच्या पाण्याची खोली कमी होण्याची शक्यता असते हे लक्षांत ठेवणे जरूर आहे.



आकृति ११. टाचेच्या जवळच्या काटवांधाकरता प्रवाहजाल (एल. एफ. हार्डी, ई. अ. सो. ई., १९३५, पा. १३६७).

क्षरण मार्गाची लांबी वाढविण्याकरितां खालच्या वाजूस जे आख्या घालण्यांत येते त्यामुळे धरणावरील उत्क्षेपांत वाढ होते. ती धरणाच्या वरच्या वाजूस कांटवांध ठेवून अगर आवरण घालून कमी करतां येते. गणितीय पद्धतीने मि. बीव्हर (प. ८ अ. ४०) यांनी माहिती गोळा केली आणि ती आकृति ११ मध्ये रेखांकित केली आहे. निस्पंदन-नाल्या तसलेल्या धरणाच्या असीमित खोलीच्या क्षरणक्षम पायावरील उत्क्षेपावर वरच्या वाजूस एकाच काटवांधाचा काय परिणाम होतो हे यावरून दिसून येते. या आकृतीत धरणाच्या पायाच्याही रुंदी आणि अंचल व कांटवांधाची खोली यांचे परस्परान्ता प्रमाण '∞' या अक्षराने दाखविले आहे. ज्यावेळी कांटवांध अस्तित्वात नसतो त्यावेळी '∞' चे मूल्य अनंत असते; आणि हे आ. ५ (अ) शी जुळते. पायाच्या टांचेच्या खालच्या वाजून मापेक्षेने क्षरणक्षम द्रव्याच्या भिंगामुळे तेथील उत्क्षेपाचे मान कमी होते. पण हेच भिंग जर टांचेच्या वरच्या वाजूस असेल तर त्यामुळे उत्क्षेपांत वाढ होते. उत्क्षेपक्षम पायांत मेढे रोवून अंचल खालच्या वाजूस घट्ट बांधून त्याची जाडी कमी करता येते.

१८. सर्पण-रेषा

श्री. लेन यांनी (स. ७ अ. ४०) श्री. ब्लाथ यांचा सर्पण रेषासंबंधीचा सिद्धांत सुधारून^६ असे दाखविले आहे की सर्पण रेषेवरून म्हणजेच धरण आणि काटवांध आणि पाया यामधील संपर्क रेषेवरून क्षरणाला होणारा प्रतिकार प्रत्यक्ष पायातील द्रव्याच्या मधून होणाऱ्या प्रतिकारापेक्षां कमी असतो. कारण त्या ठिकाणी माढ संपर्क होण्यास अडचण पडते. म्हणजेच या आधारविधानाप्रमाणें हा प्रवाह सर्पण रेषेवर केंद्रित होतो आणि त्यामुळे त्याचा निर्गमन वेग समधर्मगुणी पायाच्या प्रवाहजालाने दर्शविलेल्या वेगापेक्षा जास्त होतो. विषम अवस्थापन आणि ज्या ठिकाणी मेढे बापरले आहेत तेथील सामान्य अवस्थापन यामुळे धरण व पाया यामधील संपर्क कमी होतो. यालाच छप्परबंदी असे म्हणतात.

छप्परबंदीचे यथार्थ स्वरूप आणि काटवांध व पाया यांचेमधील विक्षोभाचे स्वरूप अनिश्रित असते ही वस्तुस्थिती असल्यामुळे पायातील द्रव्याचे गुणधर्मानुसार सर्पण रेषेची लांबी आणि धरणातील जलशीर्ष यातील किमान सर्पण गुणोत्तर किती असावे यासंबंधी ब्लाथने खालील शिफारस केली आहे. अनेक फुटलेल्या व सुरक्षित असलेल्या बंत्राऱ्यांचे निरीक्षण करून त्यावर श्री. ब्लाथ यांनी आपली सर्पण गुणोत्तरासंबंधीची ही शिफारस आधारित केली आहे.

तळटीप ६ सच्छिद्र-पायावरील धरणे, वेधारे आणि बांध—डॉ. न्यू. डिसेंबर २७, १९१०

श्री. लेन यांनीही तोच सामान्य सिद्धांत स्वीकारून आणि अशा प्रकारच्या अनेक धरणांचा अभ्यास करून असे सुचविले आहे की, पाया आणि उतार यांच्यामधील आडव्या दिशेने होणाऱ्या संपर्काचा कोन 45° पेक्षा जास्त सपाट असतो. अशा ठिकाणी चनिष्ट संपर्क होण्याची शक्यता कमी असते म्हणून भारित सर्पण रेषेचा वापर करावा. त्याच प्रमाणे खडच्या आणि उताऱ्यांच्या संपर्क मुल्यांच्या मानातें हें प्रमाण $\frac{2}{3}$ घरावे. याचाच अर्थ असा की, धरणाचा पायथा आणि काटवांध यांच्या बाजूने जाणाऱ्या सर्व खड्या उभ्या संपर्कांचा आणि सर्व उथळ आणि आडव्या शीर्ष आणि पुच्छ जलाच्या $\frac{2}{3}$ संपर्क रेषा यांची वेरीज म्हणजेच लेन यांची संपर्क रेषा होय.

जर दोन काटवांधांच्या तळातील अंतर त्या दोन्हीमधील भारित सर्पण रेषांच्या अंतरांपेक्षां निम्मे असेल तर त्यांच्यामधील वास्तविक सर्पणाच्या ऐवजी त्यांच्यामधील अंतराच्या दुप्पट अंतर वापरावे. मि. लेन यांनी शिफारस केलेल्या भारित सर्पणरेषांचे गुणोत्तर किंवा भारित सर्पणाचे रेषेच्या अंतराचे शीर्षाशी गुणोत्तर सारणी ३ मध्ये स्तंभ एक मध्ये दिले आहे. अर्थातच विशिष्ट परिस्थितीत या गुणोत्तरांत काही फरक करावा लागतो. मि. लेन यांची सर्पणरेषापद्धती सर्व ठिकाणी जशीच्या तशी स्वीकृत केलेली नाही. ज्यांचे बाबतीत प्रवाहजालाचे विश्लेषण प्रथम प्रतिमान चाचणी करून केलेले आहे व त्या आधारावर ज्यांचे संकल्प चित्र केले आहे आणि ज्यांत नीर क्रिया होऊ नये म्हणून नाल्याची भरपूर तरतूद करून प्रस्तावाची काळजी घेण्यांत आली आहे, अशा धरणांचे बाबतीत मुख्य मुद्यावर बरीच मतभिन्नता दिसून येते.

मि. लेन यांच्या प्रबंधावर झालेल्या चर्चेच्या वेळी (ज्या मुद्यावर) विश्लेषण झाले नव्हते त्यावर लेखकांनी खालील प्रमाणे विश्लेषण केले आहे.

आकृति १२, A B ही रेषा वरच्या बाजूस काटवांध, खालील बाजूस निस्यंदनाली, व धरणाखाली छप्परबंदी असलेल्या धरणाचा पायथा दाखविते. आकृति १२ अ मध्ये पायाच्या खाली थोडक्या अंतरावर आडव्या रेषेतें छप्परबंदी दाखविली आहे. छप्परबंदीच्या बाजूने निस्यंदन नालीकडे प्रवाहजल विनाहस्तक वाहू शकते. पायांत काही फरक होण्यापूर्वीचे परिणामस्वरूप प्रवाहजालही दृष्टीस पडते. छप्परबंदीच्या जागी नीरक्रिया होण्याची शक्यता असते.

सारणी ६.१

शिफारस केलेले भारित सर्पण गुणोत्तर

द्रव्य	उदाहरण अ लेन १००%	उदाहरण ब लेन ८०%	उदाहरण क लेन ७०%
अतिसूक्ष्म वाळू अगर गाळ माती	८.५	६.८	६.०
वारिक वाळू.	७.०	५.६	४.२
मध्यम वाळू.	६.०	४.८	४.२
जाड वाळू.	५.०	४.०	३.५
वारिक कंकर.	४.०	३.२	२.८
मध्यम कंकर.	३.५	२.८	२.५
जाड, गोटे मिश्रित कंकर.	३.०	२.४	२.१
कंकर व टोळाचा दगड.	२.५	२.०	१.८
नरम चिकण माती	३.०	२.४	२.१
मध्यम चिकण माती.	२.०	१.६	१.५
कठिण चिकण माती.	२.०	१.६	१.५
अतिकठिण चिकणमाती अगर कठीण मातीचे पटल.	१.६	१.५	१.५

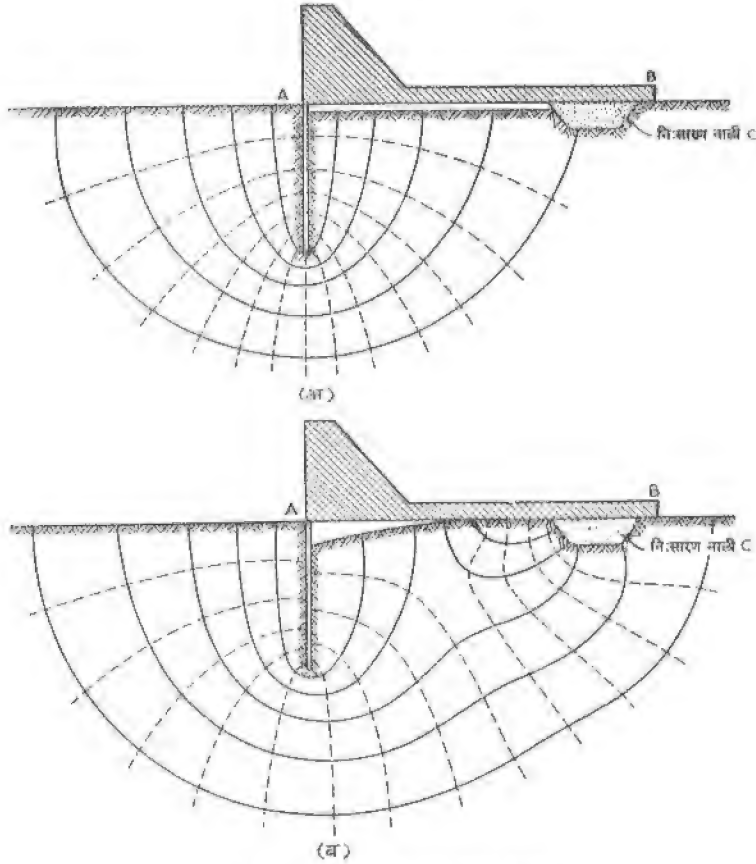
१. सारणी (१) व (२) चा उपयोग केलेला नाही.

जेव्हां छप्परबंदीच्या रेपेवरून नीरक्रिया होऊ लागते तेव्हां असे नीरक्रिया-निवृत्त द्रव्य C या निःसारण नालीकडे वाहून नेले जाते परंतु, अशा नाळीत जर निःस्पंदनाची तरतूद केली असेल तर त्यांत हे वाहणारे द्रव्य अडकून रहाते. आणि आकृति १२ (ब)त दाखविल्या प्रमाणे परिणामतः छप्परबंदीच्या अवस्थेत फेर बदल होतो. या आकृतीत उभे अंतर अतिशय वाढवून रेखित केले आहे. आणि यामुळे निःसारण नालीजवळ छप्परबंदी नाहीशी होईल, आणि A जवळ त्याची वाढ होईल.

ही अवस्था, आकृति १२ (ब) मधील प्रवाहजाल, दाखविते. आकृतीत छप्परबंदीच्या अवकाशाची खोली आरेखनाने दिग्दर्शित केलेली आहे. परंतु, प्रत्यक्षात ती एका इंचाच्या अंशापेक्षा कमी असते, आणि जो काही फेरबदल तेथील परिस्थितीत घडतो त्याचा परिणामही अत्यल्प असतो हे लक्षांत ठेवले पाहिजे.

यावरून असा निष्कर्ष निघतो की योग्य तऱ्हेच्या निस्पंदकाची तरतूद करून जर धरणांचे रक्षण केलेले असेल तर त्याच्या खाली असलेल्या द्रव्याची हानी होत नाही आणि छप्परबंदीमुळे धरण फुटण्याची शक्यताही नसते. निःसारण नालीच्या खालच्या

वाजूस हाण्याच्या नीरकियेच्या मक्यतेचा बरील सिद्धांताने विचार केलेला नाही. अशी मक्यता प्रवाहजालांच्या विश्लेषणाने दाखविता येते.



आकृति १२. अंदाजी प्रवाह जाल.

मि. लेन यांच्या प्रबंधावर ज्या तज्ज्ञांनी चर्चा केली आहे त्या तज्ज्ञांच्या मतांच्या आधारे आणि मि. लेन यांनी या चर्चेचा जो समारोप केला त्यावरून लेखकाचे काय मत बनले ते क. रच्या सारणीवरून कळून येईल. त्याचा खुलासा खालीलप्रमाणे आहे.

उदाहरण (अ)--लेखकांनी शक्य तेथे निःसारण नाल्यांच्या आणि खालच्या वाजूस काटबंधांच्या तरतुदीची पुढे शिफारस केली आहे आणि

महत्वाच्या धरणांचे बाबतीत क्षरणजालाच्या अन्वेषणाचा उपयोग करण्याचे प्रतिपादन केले आहे. ज्या ठिकाणी अशी तरतूद नसेल तेथे सारणी ३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे मि. लेन यांच्या भारित-सर्पण गुणोत्तराचा उपयोग करावा असे लेखकांस वाटते.

उदाहरण (ब)—ज्या ठिकाणी निःसारण नाल्यांची योग्य तरतूद केली आहे परंतु जेथे प्रवाहजालांचे साहाय्याने विश्लेषण केलेले नाही अशा बाबतीत मि. लेन यांचे भारित-सर्पण-गुणोत्तर ८० टक्के वापरावे असे लेखकांचे मत आहे.

उदाहरण (क)—ज्या ठिकाणी निःसारण नाल्या आणि प्रवाहजाल या दोन्हीच्याही अन्वेषणांचा उपयोग केला आहे तेथे जरी प्रवाहजालाच्या विश्लेषणावरून कमी गुणोत्तरसुद्धा सुरक्षितेच्या दृष्टीने पुरे असले तरी मि. लेनच्या भारित-सर्पण-गुणोत्तराच्या ७० टक्के गुणोत्तर वापरावे.

परंतु कोणत्याही परिस्थितीत उदाहरण (ब) आणि (क) मध्ये भारित-सर्पण-गुणोत्तर १.५ पेक्षा कमी असू नये.

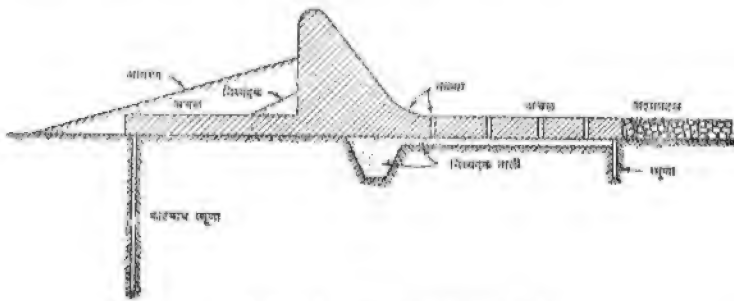
तथापी आकृति १२त दाखविल्याप्रमाणे जर निःसारण - नालीची तरतूद केली नसेल आणि जर धरणाचा पाया आणि अंचल मेढचावर आधारित केला असेल तर त्या ठिकाणी भारितसर्पण शून्य धरणे योग्य होईल.

कांही उदाहरणांत संगणित सर्पण रेपेची परिणती अतिशय प्रस्त्रावी धरणांत होण्याची शक्यता असते. अशा धरणांत जर प्रस्त्राव कमी करण्याचे उपाय योजले तर त्यामुळे सर्पण रेपेत वाढ होईल.

१९. मातीच्या पायाकरितां शिफारस केलेले संकल्पचित्र

पूर्वी निर्देश केल्याप्रमाणे धरणाच्या वरच्या वाजूस एक अगर अनेक काटवांध, अंचले किंवा आवरणे, तसेच धरणाच्या खालच्या वाजूस अंचल अगर एक वा अनेक पाटसोटांच्या रांगा किंवा निरनिराळ्या जागीं निरनिराळ्या प्रकारच्या निःसारण नाल्या, अशा अनेक उपांगांची अगर त्यांच्या संयोगांची पायाच्या संरक्षणाकरितां तरतूद करण्यांत यावी. अ. ४० परि. ५ मध्ये १५० धरणांचे बाबतीत पायावर जे उपाय योजले आहेत त्यांची प्रत्यक्ष उदाहरणे दिली आहे. त्यावरून अशा उपायांची संकल्प चित्रातून किती पराकाष्ठेची तफावत असते हे दिसून येईल; आणि या संदर्भायादींत उत्कृष्ट अशा ग्रंथसूचीचाही समावेश केलेला आहे.

जागेवरील परिस्थितीवर सारं कांहीं इतके अवलंबून असले की सामान्य असे काणवेही परिमाण उपयोजावे आणलेले नाही. परंतु आ. १३ ही आधार-भूत म्हणून वापरण्यास हरकत नाही. मात्र जागेवरील परिस्थितीची जुळवणी जोगे त्यांना केरफार करण्यात येवते. बरच्या बाजूचा अंचल, निस्यंदकासहित आवरण, पुढे वर्णन केलेली प्रमुख निस्यंदन-नाली, खालच्या बाजूचा अंचल, त्याच्याखाली निस्यंदन-नाली आणि पाटसोटांची रंग सांचा या आकृतीत समावेश केला आहे. खालच्या बाजूच्या पाटसोटांचा उपयोग, एकादे वेळी, जर अध्मण्टल बाहून गेले तर हांपारे नुकसान टाळण्याकरितां होतो; तसेच अवशिष्ट प्रस्तावाचा वेग कमी करण्याकरितां ही होतो.



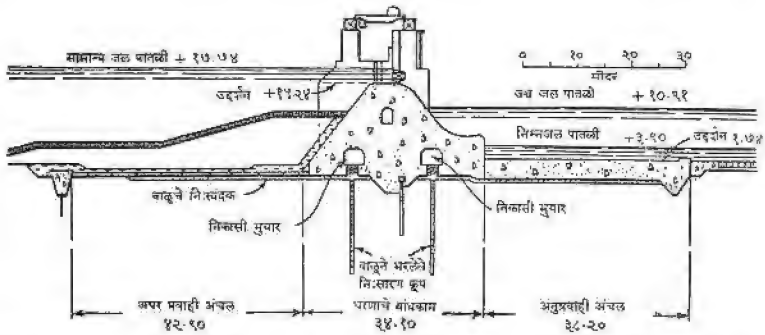
आकृति १३. आरेखनात्मक उदाहरण.

"इपीरिअल' बंधान्यामध्ये अनेक काटवाधांची तरतूद केली होती. (आ. ४.) परंतु, धरणाच्या वरच्या वाजुच्या अंचलाच्या वरच्या टिकास एकच काटवाधाचा पुरेसा, परिणामकारक उपयोग झाला आहे असे लेखकांना अंदाजून आले. धरणावरील उत्क्षेप वराच कमी करण्याकरिता आणि अंचलाची खराबी झाल्यास दक्षता म्हणून, अन्य ठिकाणी धरणाच्या पायथ्याच्या वरच्या वाजुस एक सहाय्यक काटवांध बांधतात. सर्वोत्कृष्ट योजना करण्याकरिता मात्र, विनोदपणात्मक जाचणी करून प्राप्त केलेल्या प्रवाहाजालांचेच सहाय्य घ्यावे.

धरणाच्या खालच्या नववड्याजवळ निस्यंदन-नालीची जागा ठरविण्यात आली होती. प्रतिमानाच्या सहाय्याने चाचणी करून ती पुरेशी होईल अशी बहुधा खात्री करून घेण्यात आली असावी. कारण अंजळ्या खाली अशा निस्यंदन-नाल्या ठेवीत नाहीत. बालूच्या पायाकरिता भांगित सर्पण-गुणोत्तर ८.० असते परंतु, अशाच परिस्थितीत ८ पेक्षा कमी गुणोत्तर ठेवूनही पुष्कळ सुरक्षित धरणे बांधण्यात आली आहेत.

ग्रॅनाइट रीफ धरण (आ. ६) कंकर आणि गोट्यांच्या पायावर बांधिलेले आहे. जेव्हां ते धरण प्रथम बांधले तेव्हा भारित सर्पण गुणोत्तर २.८ होते आणि नीरक्रिया झाली नव्हती. परंतु, जेव्हां ते धरण प्रथम उपयोगात आणले तेव्हां कांटबंधाच्याखालून पुष्कळ प्रमाणात पाणी वाहिले; आणि ते अंचलावरील निःसारण नाल्यातून बाहेर पडले. यावरून आ. ३ मधील भारित-सर्पण-गुणोत्तर पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे वाढवल्यास, त्यामुळे जरूर पडल्यास, फुटूट वाहून जाणारे पाणीही मर्यादित करता येते. या धरणाचे बावतीत जलाशयाच्या तळावर गाळ माती वसून हा वहाणारा प्रवाह लवकरच थांबला.

यू. एस. एस. आर. मधील स्विस्ट्रॉय^८ धरण आकृति १४ मध्ये दाखविलेले आहे. त्यात वरच्या बाजूच्या अंचलावरील टोकास एक काटबांध बांधला आहे. त्याचा पाया चिकणमातीचा असल्याने पुरेशा लांबीचा क्षरणमार्ग उपलब्ध झाला

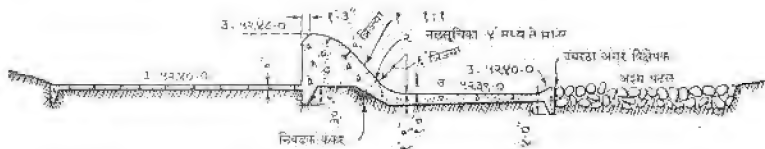


आकृति १४. स्विस्ट्रॉय धरण. यू. एस. एस. आर. (प्रो. इं. नॅ. कॉन्फ. सॉ. मे. केंब्रिज, मॅस. १९३६)

आणि त्यामुळे अतिप्रस्नाव होण्याची शक्यता नाहिशी झाली. वरच्या बाजूच्या अंचला खालील निस्यंदन-नाली वाढविण्यात आल्याने उत्क्षेप कमी झाला; आणि अंचलावर खालच्या दिशेने जास्तीत जास्त निव्वळ दाब आल्याने आणि अंचल धरणाशी योग्य तऱ्हेने जोडलेला असल्याने घसरण थांबविण्यास मदत मिळाली.

तळटीप ८. स्वीर ३, जलविद्युत-विकास योजनेतील पायाच्या संबंधी काही अंगे—
इंटरनॅशनल काँग्रेस ऑन सॉईल मेक्यानिक्स, हार्वर्ड विश्वविद्यालयामधील
कार्यवाही १९३६, पा. २८६,

कोचिटी धरण (आ. १५) वाळू, कंकर आणि गोठ्यावर आधारलेले आहे. त्याचे भारित सर्पण गुणोत्तर ५.५ आहे आणि हे अगदी नेमस्त मूल्य आहे. चिन्नात दाखविल्याप्रमाणे निवडक कंकर असलेल्या निःसारण नालीची धरणाच्या खाली तरतूद केली आहे.



आकृति १५. कोचिटी धरण, न्यू मेक्सिको. (सि. ई. जानेवारी १९३३, पा. १२).

२०. अपरप्रवाही-अंचल

अपरवाही अंचलाचा उद्देश अर्थातच क्षरणमार्गाची लांबी वाढविणे हा असतो आणि तो अनुप्रवाही अंचलापेक्षा जास्त कार्यक्षम असतो. कारण त्याच्याखाली अयममोल उत्क्षेप निर्माण होत नाही आणि काँक्रीटच्या वजनाने त्याचा तोलही संभाळावा लागत नाही.

तो अंचल सलोह काँक्रीटचा अगर साध्या जलाभेद्य मातीच्या आवरणाचा बनविला तरी चालतो. मात्र (त्यातील) विषम अवस्थापनामुळे अंचल आणि धरण यांच्यातील सांधा उघडा न पडेल अशी काळजी घेतली पाहिजे.

आकृति १३त अंचल आणि धरण यांच्या सांध्याशी असलेले निस्संदक आणि अंचलावरील जलाभेद्य आवरण दाखविले आहे. त्या ठिकाणी तडा गेला तरी निस्संदकामुळे आवरण वाहून जाण्यास प्रतिबंध होतो. तळचान वाहून येणाऱ्या पाण्याचा अतिशय वेग अगर तळे रिकामे करण्याच्या वेळी निर्माण होणाऱ्या लाटा, यांच्यापासून संरक्षण करण्याकरिता त्या आवरणावर अयम-पटलाचे आच्छादन घातले पाहिजे.

पूर्वी निर्देश केलेल्या स्विस्ट्राँय धरणावर वरच्या वाजूचे अंचल आणि धरण यामधील सांध्यातून विषम अवस्थापनामुळे होणाऱ्या प्रस्नावाची शक्यता नाहीशी करण्याकरिता तो लवचिक अँस्फाल्ट काँक्रीटचा बनविलेला आहे आणि त्याच्या माथ्यावर फक्त अँस्फाल्टचा एक थर घालून तो मातीच्या भरावाने झाकून टाकण्यात आला आहे. अंचल आणि काटबांध यांचा सांधा तसेच अंचला मधील आकुंचन-जोड यांच्या बाबतीतही वरीलप्रमाणे उपचार केले होते.

आकृति १५ मध्ये दाखविलेल्या धरणातही आकृति १३ त दाखविलेल्या प्रकारचे वरच्या वाजूचे अंचल आणि धरण यांच्या सांध्यावर नियमित-तांदी आणि आवरण यांची तरतूद करणे उचित झाले असते.

२१. मातीवरील धरणातील काटबांध

काटबांधाच्या सर्वसाधारण तरतुदीसंबंधी अ. ११ मध्ये उदापोह करण्यात आला आहे. अर्थातच जेथे शक्य असेल तेथे हा काटबांध जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत नेला पाहिजे. काँक्रीटच्या पडद्या, अंतर्ग्रथित पाटमोट अगर खोदण-वाऱ्याचे लाकडी पाटमोट, यांचा काटबांधाकरिता उपयोग करता येतो. काँक्रीटच्या काटबांधाचा उपयोग फक्त अशा जागीच करता येतो की जेथे तो जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत पोहोचविला जाईल. ज्या ठिकाणी गोटे असल्यामुळे पाटमोट वापरता येणे शक्य नसेल व ज्या ठिकाणी पावे वापरण्यात येतात तेथे काँक्रीटच्या काटबांधाच्या खंदकाच्या वाजू खराब होतात आणि लक्षात सहजपणे प्रभाव होण्याची शक्यता निर्माण होते; आणि असा काटबांध जर जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत खोल नेला नाही तर त्याची कार्यक्षमता कमी होते. त्याच-प्रमाणे, पुरेशा लांबीचा उपरिप्रवाह-अंचल, जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत अर्धवट नेण्यात आलेल्या काँक्रीट काटबांधातकाच कार्यक्षम होतो व गामान्वयणे अधिक काटकसरीचा ठरतो. काँक्रीटच्या काटबांधाची रुंदी कमी असली तरी चालते. खोदकामाकरिता जी कमीत कमी रुंदी लागते त्यावर ती मुख्यतः अवलंबून असते. घसरण रोखण्याकरिता सहाय्य म्हणून जर काटबांध धरणाशी जोडावा लागला तरच त्यात सलोह काँक्रीट वापरावे लागते. एरवी त्या काँक्रीटमध्ये सळ्या घातल्या नाहीत तरी चालते.

मातीवरील धरणाचे वावरील लोहपाटमोट, अलिकडे जास्त लोकप्रिय होत आहेत. जेथे पाटमोट ठोकून बसविणे सोपे असते, खोली जास्त नसते आणि विशेषतः जेथे पाण्याचा जोत वापरणे शक्य असते त्या ठिकाणी हलक्या व उथळ, कमानदार स्थूणा वापरण्यात याव्यात. फोर्टपेक धरणामध्ये २३ ते ३८ फीट वजनाच्या स्थूणा जलस्रोतांच्या^१ साहाय्याने १५० फुटापर्यंत खोल ठोकण्यात आल्या होत्या. अशाच समपरिस्थितीत व समखोलीत नेब्रास्का येथील किंगडेल धरणाने यापेक्षाही हलक्या स्थूणा वापरल्या होत्या. परंतु, ज्या ठिकाणी स्थूणा टोकणे अत्यंत कठीण जाते तेथे तालीच्या आकाराच्या जास्त वजनाच्या स्थूणा वापरल्या पाहिजेत.

तळदीप १. “खोल पट्टस्थूणांचा फोर्टपेक धरणातील काटबांध” इंजि. न्यूज, रे., जानेवारी १०, १९१५, पृ. ३५.

जेथे मातीत टोळ असतात तेथे कधीकधी सर्वात जास्त वजनाच्या, स्थूणासुद्धा टोकाकडे अत्यंत अवघड होते कारण त्याची टोके दुमडून जातात. म्हणून अशा स्थूणा टोकांना अत्यंत काळजी घेणे अगत्याचे असते. ज्या ठिकाणी तडे गेलेले पाहिले अगदी जेथील द्रव्य अस्थिर स्वरूपाचे असते किंवा टोळाच्या बाजूने स्थूणा टोकाळी जाण्याची शक्यता निर्माण होते त्या ठिकाणी हलक्या स्थूणा वापरणे जास्त परिणामकारक ठरते. ज्या ठिकाणी शंका निर्माण होते अशा ठिकाणी, मधून मधून स्थूणा वर काढून त्यांची तपासणी करणे श्रेयस्कर असते. स्थूणा ठराविकल्या रेषेच्या बाहेर गेल्या आहेत किंवा कसे हे पहाण्याकरिता ज्यावर मागेखत-माधून वमविले आहे अशी वेष्टित वेधन-नलिका वापरण्यात येते. उथळ खोलीकरिताच फक्त योग्य परिस्थितीत लाकडी पाटसोट वापरता येतात. मात्र स्थूणा टोकाच्याच काम अनुभवी माणसाकडून करून घेतले पाहिजे. मातीत रंध्रपूरण करून निचा क्षरणगुण कमी करण्यासाठी रासायनिक गारा-भराई हीच एक पद्धत सध्या ठाऊक आहे. परंतु, हल्ली, तिला खर्च फार येतो म्हणून ती पद्धत अगदी खास परिस्थितीतच वापरण्यात येते. (पहा. प. १९ अ. ४८.)

२२. मातीच्या धरणातील जलनिःसारण-नाल्या

धरणाच्या खालील प्रस्नाव घिनघोकपणे वाहून नेण्याकरिता निःसारण-नाल्यांचा उपयोग करतात. दगडांचे थर अगर कपच्या यांचा वापर केला अगदी अंचला-मध्ये छिद्रे पाडली तरी, निःस्यंदकाची तरतूद करून संरक्षण जर केले नाही तर धरणाच्या पायांतील द्रव्यामधून होणारी तीगक्रिया यांबविषयामही तरतूद अपुरी पडेल.

मातीवरील उत्प्लवी धरणांचे बावतीत खालच्या बाजूचे कांकीटचे अंचल हे एक आवश्यक उपांग असते. आ. १२ त दाखविलेली मुख्य निःसारण नाली, जर आणखी खाली सरकविली तर, क्षरणमार्ग तोच ठेवून, वरच्या अंचलाची लांबी कमी करता येते. परंतु, या पद्धतीने धरण आणि अंचल यांच्यावरील उत्क्षेपनानांत वाढ होते आणि त्यामुळे जास्त कांकीट वापराचे लागते. म्हणून मुख्य निःसारणनालीचे स्थान ही केवळ काटकसरीच्या विचाराची बाब होते.

मुख्य निःसारणनालीची जागा आणि खोली यात बदल केल्यास होणाऱ्या परिणामाची कल्पना प्रतिमान वाचणीकरून कळून येईल. ही नाली जिनकी खोल असेल तितकी ती जास्त परिणामकारक होते. पृष्ठभागी तुलनात्मक दृष्टीने, जळाभेद स्तर उपलब्ध असेल तर मुख्य नाली, ती स्तर फाडून, त्याखाली नेली पाहिजे. याकरिता स्वस्त्य धरणात, वाळूने भरलेल्या खोल निःसारण-कूपांचा उपयोग केला होता (आ. १४). कारण त्या ठिकाणी, पायांत, चिकण-

लहान होत जातो. या द्रव्याची प्रतवारी अशी असली पाहिजे की, सगळ्यात जाड आकाराचे द्रव्य निःस्यंदन नालीतील खडकात वाहून जाऊ नये, तसेच पायातील आणि बरब्बा थरांतील द्रव्य त्याच्या बरब्बा थरातून वाहून जाऊ नये.

चाचणीत असे वाडवून आले आहे की विविधित आकाराचे कण त्यापेक्षा पणत पर्यंत आकाराच्या कणांच्या थरांतील पोकळीतून वाहून जाऊ शकत नाहीत.

एकाच आकाराच्या कणांच्या द्रव्याचे थर तयार करणे, अर्थातच अव्यवहार्य होते. पुष्कळ वेळां निःस्यंदकात वापरलेला कंकर २ किंवा ४ प्रकारच्या आकाराच्या कणात विभागण्यात येतो. इंपीरिअल डॅम मध्ये (आ. ४) चार प्रकारच्या आकाराचे द्रव्य वापरण्यात आले होते. दुसऱ्या काही धरणात दोनच आकाराचे द्रव्य वापरण्यात आले आहे. ज्या ठिकाणी पायांत भरड कंकर असेल तेथील नालीत निःस्यंदक अजिबात न ठेवले तरी चालते.

निःस्यंदकाची अगदी निर्दोष अशी तरतूद करणे अशक्य असल्यामुळे ज्यावेळी प्रथमतः प्रवाह सुरू होतो त्यावेळी नालीमध्ये निःस्यंदकांतील द्रव्याचा काही भाग वाहून जाईल अशी अपेक्षा असतेच. परंतु, प्रवाह सुरू होताच (निःस्यंदकांतील) तो द्राप आपोआप नाहीसा होतो. माल निःस्यंदकात अगर पायांत इनके पुरेसे द्रव्य उपलब्ध असले पाहिजे की समायोजनानंतर अगर नीरक्रिया सुरू झाल्यावरही निर्दोष निःस्यंदक आपोआप तयार होईल.

याकरिताच नीरक्रियेच्या वेळी वाहून आलेले द्रव्य नालीतील पोकळीत मावू शकेल इतक्या मोठ्या पोकळ्या त्या नालीत असल्या पाहिजेत. धरणाकरिता कोणत्या प्रकारचे निःस्यंदक असावे हे, हव्या असलेल्या परिस्थितीसारखीच परिस्थिती प्रयोगशाळेत निर्माण करून, त्यातून चाचणी करून ठरविता येते; आणि त्यावरून नीरक्रियेच्या वेळी निःस्यंदक नालीत किती द्रव्य वाहून जाईल हेही समजून येते.

अंचलाखालील उत्क्षेप पूर्णपणे नाहीसा करण्याच्या, परिणामकारकपणे कमी करण्याच्या अगर नीरक्रियेचा धोका नाहीसा करण्याच्या दृष्टीने जर मुख्य नाली पुरेशी कार्यक्षम असेल तर अंचला खाली निःसार नाल्या ठेवल्या नाहीत तरी चालू शकते. इंपीरिअल डॅम (आ. ४) मध्ये अशा नाल्यांची तरतूद केलेली मळूती. कदाचित् वरून पडणाऱ्या पाण्याच्या आघातास तोंड देण्याचे दृष्टीने ठेवलेल्या अंचलाची जाडी शेष उत्क्षेप समतोल करण्यास पुरेशी ठरली असावी.

२३. अनुप्रवाही अंचल

अनुप्रवाही अंचल ठेवण्याचा उद्देश व सर्वे उत्क्षेप दावाना समतोल ठेवण्यासाठी त्याची जाडी का जास्त ठेवावी लागते यासंबंधी पूर्वीच खुलासा केला आहे. उत्प्लवित जलाचा वेग नाहीसा करण्याच्या जहरीवर त्याचा आकार आणि तपशील, पुष्कळ वेळा अवलंबून असतो. अ. २३ ते ३९ मध्ये याचा खुलासा केलेला आहे.

२४. अनुप्रवाही काटबंध

अश्मपटल खराब झाल्याने नाल्याच्या तळाचा उलट दिशेने न्हास होण्याची शक्यता निर्माण झाल्यास अचला खालील पायास धोका पोहोचण्याचा संभव असतो. त्याचे धोक्यापासून संरक्षण करण्याकरिता अनुप्रवाही काटबंधाचा उपयोग केला जातो (आ. ४) तसेच वर स्पष्टीकरण केल्याप्रमाणे ज्या ठिकाणी नियंत्रित निस्यंदकाची तरतूद केलेली नसते तेथे तीरकियेचा धोका कमी करण्यासाठी अशा काटबंधाची मदत होते.

जेव्हा काटबंधाच्या वरच्या बाजूस निस्यंदन-नाल्या ठेवलेल्या नसतात तेव्हा धरणमार्गाची लांबी वाढते; आणि त्यामुळे उत्क्षेपांतही वाढ होते. परंतु, जर निस्यंदन नाल्या ठेवल्या तर खालील काटबंधाचा उत्क्षेपावर धुल्लक स्वरूपाचा परिणाम होतो.

या अवस्थेत सुधारणा करण्याच्या दृष्टीने स्थूणांच्या डोक्याजवळ पाण्याला अडथळा होऊ नये म्हणून, कधीकधी अंतरांतरावर छिद्रे पाडण्यात येतात. अशा छिद्रातून काही फायदा होत नाहीच. उलट, लागलीच वरच्या बाजूस निस्यंदन-नाली ठेवली नसली तर अशा छिद्रामुळे धोका उत्पन्न होतो.

२५. दाबदाबमापी

धरण (पाण्याने) भरल्यावर जो उत्क्षेप-दाब निर्माण होतो तो अजमावण्याकरिता बंधाऱ्याच्या बऱ्याच काटछेदात दाबमापी बसविण्यात येतात व संकल्प-चित्र तयार करण्याचे वेळी आणि ज्यावरून त्या धारणा केलेल्या असतात त्यांच्या अचूकतेचा पडताळा पहाता येतो.

असा दाबमापी २ इंची नळीचा बनविलेला असतो. त्याचे खालचे टोक एका लहान निस्यंदक नालीत अशा तऱ्हेने बसविलेले असते की नळीतील पाण्याची पातळी सहज दिसू शकावी किंवा दाबयंत्राने तिचे मापन करता यावे.

४. सांडव्याखालील अपक्षरणाचे नियंत्रण

हॅरॉल्ड ए. थॉमस^{१०}

२६. अपक्षरणाची कारणे

धरणाच्या सांडव्यावरून वहाणारे पाणी शीर्षजल आणि पुच्छजल यांच्या पातळींमधील फरकाइतक्या उंचीवरून फारसा अडथळा न येता नेहमी खाली पडत असले आणि त्यामुळे त्यात वेग निर्माण होतो. तो वेग त्या जागी वहाणाऱ्या नैसर्गिक प्रवाहापेक्षा, नेहमी, पुष्कळच अधिक असतो आणि त्यामुळे अत्यंत जलद वहाणाच्या प्रवाहांचे संकेंद्रण होऊन प्रवाहाच्या समतोलपणास बाध येतो, भूमिगत वावाच्या प्रवणतेत प्रमाणाबाहेर वाढ होते व गंभीर स्वरूपाचे अपक्षरण होण्याची शक्यता निर्माण होते.

नाल्याच्या तळात, तरम, दाणेदार अगर लवचिक द्रव्य असले तरच धरणाच्या खाली खोळपर्यंत क्षरण होते असे नाही तर जेथे भरीव दगड असतो तेथेही ते होऊ शकते. धरणाच्या सांडव्याखालील जोराच्या विक्षुब्ध क्षेत्रांत नाल्याच्या तळावर पाणी पडून निर्माण होणारे कमाल वेगयुक्त भोवरे किंवा प्रवाहपटल तंतु तेथील द्रव्यांतील उघडे पडलेले तडे आणि पोकळ जागा हुडकून काढतात आणि त्या जागांत शिरण्याकडे त्यांची प्रवृत्ति असते. या भोगांमधील परिणामी दाब तेथील संवादी जलविद्रुच्या वेगशीर्षाइतका असू शकतो. आणि हा दाब धरण पूर्ण भरल्यावर तेथील पाण्याच्या खोलीमुळे, बंधाऱ्यावरील दाबापेक्षा किंचित् कमी असतो. या दाबामुळे कमी जलशीर्ष असणाऱ्या बंधाऱ्याखालील चिकणमाती, वाळू, कंकर, हार्डपॅन आणि गोंटे अगदी सहज उखडले जातात. जलशीर्ष जास्त वाढू लागले की उघड्या मांघी असणाऱ्या पुष्पवान् दगडावर आणि तेथील खडकाच्या संस्तरण-पातळीवर आघात होतो; आणि त्यामुळे तेथील खडकाचे तुकडे होतात व मोठ्या आकाराचे टोळ तयार होतात; आणि ते उचकटून बाहेर फेकले जातात. जर तेथे जलोच्छ्वाज अस्तित्वात असले तर या प्रमाणाबाहेर निर्माण होणाऱ्या भूमिगत अत्यंततीव्र मोठ्या दाबांतील क्षरणाच्या अंतःशक्तीत जलोच्छ्वाजाच्या जरा वरच्या बाजूस असलेल्या उथळ पाण्याच्या क्षत्रांमध्ये वाढ होते.

तळटीप १०. सिव्हील इंजिनियरिंगचे प्राध्यापक, कानेंबी इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलजी, पिट्सबर्ग, पा.

३० ते १०० फूट अशा मध्यम उंचीच्या बंधान्याचे बाबतीत भरीव दगडाच्या रचनेच्या क्षरणक्षमतेच्या संबंधी आलेले अनुभव अनिश्चय परिवर्तनशील आहेत. कारण काही दगडामध्ये आश्चर्यकारक अशी उच्च प्रमाणांत प्रतिकारकशक्ति दिगून येते तर अन्य ठिकाणी उलट परिस्थिती आढळून येते. तेथील द्रव्याच्या क्षरण प्रतिकारक्षमतेची कसोटी, त्याच्या काठिण्य, शक्ति, चिबटपणा अगर घर्षणक्षमतेचा अभाव यावर निश्चितच अवलंबून नसून ती त्या द्रव्यांतील फूट अगर संस्तरण-पातळीच्या विविध गुणधर्मांच्या फलनावर कांहीशी अवलंबून असते.

क्षरणाच्या सांडणीखालील दगड उखडून टाकण्याची शक्ति, जसजशी बंधान्यावरून बहाणाच्या पाण्याची उंची वाढते, तसतशी जलद गतीने वाढते. जेव्हा खडकाचा पृष्ठतल-नैसर्गिक अवस्थेत अगर बांधकामामुळे अगर अपक्षरणांमुळे खडबडीत अगर फुटीर होतो आणि त्याच्यावर आदळून पडणाऱ्या पाण्याचा वेग पुरेसा जास्त होतो त्यावेळी दगडातील दांगत्या भागांच्या पिछाडीच्या पाण्यांत बाणस्थळे अथवा निर्वात कप्पे निर्माण होतात आणि त्यामुळे दगड तुटून जाण्याची आणि पाण्याचा त्यात शिरकाव होण्याची प्रवृत्ति अत्यंत वाढते.

उंच बंधान्यावरून पडणाऱ्या पाण्याच्या ऊर्जाविक्षेपणाकरिता जेथे खान तरतूद केलेली नसेल अशा बंधान्याखाली क्षरण झाले तरी सुरक्षित राहिल असा साफ आणि बिनभेगाचा अगर संस्तरण-पातळ्याविरहित असा नैसर्गिक खडक फारच थोड्या प्रमाणांत आढळून येतो.

२७. सांडव्याची प्रतिमानीय चाचणी

क्षरणाच्या अपक्षरण-नियंत्रणाच्या अंगाची संकल्पचित्रे तयार करताना स्थापत्यशास्त्रज्ञांना बऱ्याच समस्यांना तोंड द्यावे लागते. या समस्या विविध प्रकारच्या असतात. आणि ताऱ्यांतील तळाच्या स्वरूपाविषयी आणि अशाच अनेक परिवर्तनशील बाबींचाही त्याला विचार करावा लागतो. पुर-प्रवाहाची पुनरावृत्ति आणि तीव्रता; क्वचित् येणाऱ्या पुराकरिता किती प्रमाणात संरक्षण दिले पाहिजे आणि निरनिराळ्या निसारणाकरिता पुच्छ-जळाची उंची काय असावी इत्यादि समस्यांचा त्यात समावेश होतो.

या निरनिराळ्या बाबींचा परस्परांशी संबंध असल्याने सांडव्याच्या अंचलाच्या संकल्प-चित्राचे बाबतींत एकच प्रमाण ठेवणे कठीण असते. तसेच उपलब्ध असलेल्या बांधकामाची निव्वळ तक्कल करूनही संतोषजनक परिणामाची खात्री देता येत नाही. या विवेचनाची सत्यता विशेषतः खालील परिस्थितींत

दिसून येते. काही ऊर्जा-विक्षेपण-योजना पुच्छजलाच्या उंचीच्या बाबतीत विवेक संवेदनाशून्य असतात आणि या पुच्छजलाच्या खालीत थोडासा जरी फरक पड्या तरी त्यामुळे योजनांच्या संपादनक्षीत अतिशय उच्च फरक पडतो असा तो अगदी शुल्लकही असू शकतो. या कारणाकारितां एकाचे विनिष्ट बांधकाम जर महत्त्वाचे असेल आणि सांडणीच्या खालील अपक्षरण झाल्यास जर अनिष्ट परिस्थिती निर्माण होण्याची शक्यता असेल तर त्या ठिकाणी प्रतिमान चित्राच्या नक्षीप्रायेच ते संकल्पचित्र तपासून घेणे श्रेयस्कर असते. आणि पूर्वी जरी तत्सम बांधकामाच्या प्रतिमान-चित्रावरून केलेले निष्कर्ष उपलब्ध असले तरीही ही तक्ती चाचणी करणे इष्ट असते. कोणताही विनयक निष्कर्ष उपलब्ध होण्या-कारिता अनुभव व पुरेशी सोय यांची अपेक्षा असते; हे अत्याग्रहाने तमूद करणे जरूर आहे.

उत्प्लव-प्रतिमान-चित्रांचे बाबतीत अलीकडील भरपूर अनुभवांसाठी असे मिळाले आहे की. प्रतिमानचित्रात आदिरूपातील, अनुप्रवाही नालीतील प्रवाहाच्या वेगाच्या सामान्य वितरणाचे पुनरुत्पादन समाधानकारकपणे करता येते. नदीच्या तळातील द्रव्याची समधर्मता प्राप्त करण्यासाठी प्रतिमानचित्रात बहुधा कंकरांचा उपयोग करतात. आदिरूपातील संभाव्य अपक्षरणाची खोली अगदी अचूकपणे प्रतिमानचित्रात उतरविण्याकरिता कंकरांच्या अपक्षरणाच्या खोलीशी परस्पर-संबंध जोडणे जरी अव्यवहार्य असले तरी कंकरांचा उपयोग करून निरनिराळ्या ऊर्जांच्या विक्षेपणाच्या अंश नियंत्रणाच्या योजनेतील तुलनात्मक कार्यक्षमतेची माहिती करून घेता येते. मात्र सामान्य सांडव्याच्या प्रतिमानचित्रात हवा अडकून रहाण्याने अगर तुपार रचनेमुळे होणारे पृष्ठतणावात्मक परिणाम पुनर्निर्माण करता येत नाहीत. तसेच निवात स्थिति सारखे वातावरणातील दाबांचे परिणाम पुनर्निर्माण करता येत नाहीत. तसेच द्रवाच्या विषयदत्तेवर अवलंबून असणारे द्रवीय धर्माणांचे परिणामही अशा चित्रात पुनर्निर्मित करता येत नाहीत. मात्र अशा विनिष्ट उत्प्लव-प्रतिमान चित्रात वर्षणहानी तुलनेने कमी असते; आणि प्रतिमानचित्रांच्या पृष्ठतलावरील खरवरीतपणाचे समायोजन करून तिचे नियंत्रण करता येणे शक्य असते. सांडव्याच्या प्रतिमान चित्रात पाण्याच्या प्रमुख झोतांच्या मार्गात वेगभंजक स्तंभ, उंबरे अगर अन्य प्रकारचे अडथळे बांधून उच्च प्रकारचे ऊर्जाविक्षेपण करता येते असे उत्प्लव-प्रतिमान-चित्रावर केलेल्या प्रयोगावरून निश्चितपणे मिळाले आहे. अशा तऱ्हेचे उपाय खुऱ्या धरण्याकरिता संपूर्णपणे व्यवहार्य ठरले आहेत. परंतु, जर धरण फार उंचीचे असेल तर पुढे विवेचन केल्याप्रमाणे, जरी हे अडथळे प्रतिमानचित्रात परिणामकारक दिसले तरी निवात

स्थितीच्या विनाशक प्रभावामुळे प्रवाह-ओत मोडण्याकरिता भरीवपणे त्यांचा उपयोग करण्यास प्रतिबंध होण्याची शक्यता असते. मात्र, हा नंतरचा मुद्दा धरणावर काम करणाऱ्या लोकांना सज्जावून सांगण्यात अडचण येण्याचा संभव आहे.

२८. जलोच्छाल

जलोच्छालाच्या सिद्धांताचा अपक्षरणाची घटना आणि त्याचे नियंत्रण वाच्यार्थी धर्षिष्ट संबंध येत असल्याने या सिद्धांताची चर्चा प्रथम करण्यात येत आहे. स्थिर घनपृष्ठावर ऊर्जाविक्षेपण होऊ शकत नसल्यामुळे अशा द्रव्यातील आण-क्षरणाच्या अभावी पाण्याच्या एकमेकांवरील आघातामुळे निर्माण झालेल्या विक्षोभामुळेच फक्त हे ऊर्जाविक्षेपण होऊ शकेल हे उघड आहे. संकुचित प्रागेत फार मोठ्या प्रमाणात निर्माण झालेल्या ऊर्जेचे विक्षेपण करण्याकरिता अत्यंत जोरदार खळबळ निर्माण व्हावी लागते. असे अत्यंत जोरदार खळबळीत पाणी मोठ्या प्रमाणात सोडून, ऊर्जेचे विक्षेपण करण्याच्या अनेक पद्धती उपलब्ध आहेत. त्यातील सर्वात सोयीची आणि परिणामकारक पद्धत जलोच्छालाचा उपयोग करणे ही होय.

ज्या धरणाच्या उत्प्लव डोणीच्या जेवटी आडव्या अंचलाची अगर दोन्ही बाजूंना उभ्या भिती असलेल्या आडव्या नालीची तरतूद केल्या असे त्या ठिकाणी जलोच्छाल निर्माण होण्याची परिस्थिती आकृति १७ मध्ये स्पष्ट केली आहे. द्रवगतिशास्त्रावरील पुष्कळशा कमिक पुस्तकात नमूद केल्याप्रमाणे चौकोनी समतल नालीत जर वेग 'v' हा क्रान्तिक वेगापेक्षा जास्त असेल तर तेथे जलोच्छाल निर्माण होऊ शकतो. क्रान्तिक वेगाचे मूल्य \sqrt{gd} असते. जलोच्छाल निर्माण होण्याकरिता जरूर असलेल्या उच्छालाच्या खालील पाण्याची खाली d' पुढील समीकरणावरून मिळते.

$$d' = \sqrt{\frac{2q^2}{gd} + \frac{d^2}{4}} - \frac{d}{2} \quad [६]$$

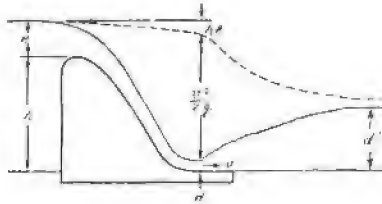
येथे q = नालीच्या रुंदीतील दर फुटास होणारा प्रस्नाव, घनफूट सेकंद.

d = उच्छालाच्या वरच्या बाजूची खोली (फुटात).

g = गुरुत्वीय वेगवर्धन फूट सेकंद सेकंद = ३२.२.

उत्प्लवाच्या पृष्ठावरील वर्षणामुळे झोताची बाडी तयार मुक्तपणे पतन होणाऱ्या प्रवाहाच्या खालच्या आणि वरच्या परिवाहपटांमधील अंतरापेक्षा किंचित जास्त असते. तुलनेने लहान धरणात, हे दुसरे अंतर प्रकरण ११ तील

आकृति २ व ३ मध्ये दिले आहे. त्यावरून d चे मूल्य काढता येते आणि ते बहुतेक सर्व बाबतींत पुरेसे अचूक असते. उंच धरणांचे बाबतीत, d चे मूल्य जास्त बित्तूक असावे लागते. ज्या पद्धतीने उघड्या नाल्यांतील स्थिर अशा विषम प्रवाहाचा पृष्ठतलावरील बाह्याकार निश्चित करण्यात येतो, त्याच पद्धतीने हे मूल्य सैद्धांतिक रीत्या प्राप्त करण्यात येते. परंतु, दोन प्रकारच्या अडचणीमुळे निष्कर्षांत काहीशी अनिश्चितता उत्पन्न होते. पहिली अडचण ही की अत्यंत खडे उतार असलेल्या प्रवणिकांच्या बाबतीत मॅनिंग आणि तत्सम गुंठांच्या अचूकपणाची अगदी अल्पशी माहिती सध्या उपलब्ध आहे; आणि दुसरी ही की (प्रवाहमागति) खडबडीतपणा वाढल्यामुळे जो परिणाम होतो तत्सम परिणाम वायुधारणेमुळेही निर्माण होतो.



आकृति १७. सांडव्याखाली होणारा जलोच्छाल.

यामुळे सद्यःस्थितीत उद्दिष्टाशी जास्तीत जास्त जुळणारा म्हणून “मॅनिंग” गुंठाचा उपयोग करणे इष्ट आहे. आ. १७ ची जुळणारी सामान्य कळसाकृति सांडव्याच्या पृष्ठावरील घर्षणामुळे होणारी जलशीर्ष-हानी ही, अजमास, h इतक्या लांबीच्या एकसारख्या खोलीच्या नालीतील घर्षणहानीइतकी अरण्यास हरकत नाही.

$$V = \frac{1.486}{n} r^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}} \text{ या मॅनिंगसूत्राच्या आधारे जलशीर्ष-हानी खालीलप्रमाणे येते.}$$

$$h_f = \frac{n^2 v^2 h}{2.21 d^{\frac{4}{3}}} = \frac{n^2 q^2 h}{2.21 d^{\frac{10}{3}}}$$

यानंतर चाचणी करून पुढील समीकरणावरून d चे मूल्य प्राप्त करावे:—

$$H + h = d + \frac{q^2}{2gd^2} + \frac{n^2 q^2 h}{2.21 d^{\frac{10}{3}}} \quad [७]$$

ऊर्जाविशेषणाच्या अभ्यासात खडबडीच्या गुणकाचे कमी प्रमाणांत धरलेले मूल्य अगदी नेमस्तपणाचे आहे आणि हे मूल्य $n = 0.013$ धरण्यात यावे अशी शिफारस आहे.

सर्व उंचीच्या धरणाच्या वावरीन लागू पडणारे सामान्यतत्त्व म्हणून असे म्हणता येईल की अपक्षरण-नियंत्रणाचे उपाय अंमलान आणणे तुलनेने सगळे आणि कमी खर्चाचे असते. मात्र यामाठीं धरणाच्या जागी स्वाभाविक पुच्छ-जलाची खोली ही उच्छालनिमित्तीकरितां लाभणाऱ्या खोलीइतकी अगर जास्त असली पाहिजे. जेव्हां पुच्छजलाची खोली प्रापेक्षा वग्याच प्रमाणात वाढते तेव्हां त्या प्रमाणात खर्चात व अडचणीत वाढ होते.

सामान्य जलोच्छालात झोताच्या ऊर्जेचा ताज पाण्यावर आपटण्याच्या चिंतेत होतो आणि या क्रियेकरिता म. ६ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे पुच्छजलाची विशेष खोली असावी लागते. पुच्छजलाच्या अंदाजी सरासरीइतका तळातील वेग कमी होण्याकरिता जे आडेवे अंतर लागते ते पुच्छजलाच्या खोलीच्या अंदाजे ५ पट असते. जरूरीइतक्या पुच्छजलाची खोली वाढविण्याकरिता आणि उच्छालाखालीच जास्त वेगाच्या विस्तृत क्षेत्रावरील नदीच्या तळाचे रक्षण करण्याकरिता जे उपाय योजावे लागतात त्याला पुष्कळ वेळां फार खर्च येतो.

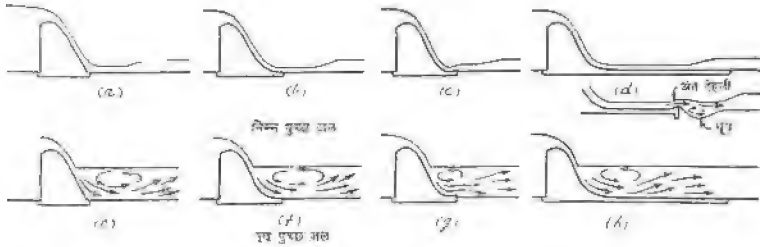
२९. अपक्षरण-नियंत्रणाच्या सामान्य गरजा

आकृति १८ मध्ये अलिकडे वापरण्यात येत असलेल्या निरनिराळ्या प्रकारच्या अपक्षरण-नियंत्रणाची बांधकामे आकृतिस्वरूपात दाखविली आहेत.

धरणाच्या खालच्या बाजूस अपक्षरण-नियंत्रण किती प्रमाणात केले पाहिजे याबाबतीत भिन्नभिन्न मते प्रचलित आहेत. संकल्पचित्राकरितां खडकावर आधारित केलेल्या धरणाकरिता 'ओझी'चा बाह्याकार असलेला उत्प्लवमार्ग, सर्वसामान्यपणे, बांधण्यात येतो. उत्प्लवमार्गाच्या खालच्या बाजूस एका डोणीची तरतूद केलेली असते. त्यामुळे पाण्याला फिरकी गति मिळते आणि ते पाणी, उत्प्लव भितीवरून अगदी आडव्या अगर जवळजवळ आडव्या मार्गाने खाली पडून अनुप्रवाही दिशेस वाहून जाते. (आकृति १८b पहा). उत्प्लवडोणीची अनुप्रवाहाच्या दिशेकडील कोर काही संकल्पचित्रात नदीच्या तळाशी समतल अशी ठेवण्यात येते; तर इतरात ती तळापेक्षा थोड्या जास्त उंचीवर ठेवलेली जाते. अनेक वेळा, डोणीच्या अनुप्रवाही बाजूच्या कोरीजवळ तिच्या बाह्याकाराचा काटकोनी भाग क्षितिजाशी समांतर ठेवलेला असतो; तर कधी कधी या कोरीजामून काही अंतरापर्यंत क्षितिजाशी समांतर अशा फरशीचे बांधकाम लांबविण्यात येते. (आकृति १८d पहा). अन्य संकल्पचित्रात डोणीची अनुप्रवाहाच्या बाजूकडील कोरीशी काटकोनात असलेली बाजू क्षितिजसमांतर

येण्या काही अजावर नेलेली असते. त्यामुळे पाण्याचा बांधकामाशी संपर्क सुटतांना त्याचा काही भाग किंचित् वरच्या दिशेस वळविण्यात येतो. (आकृति १८c, १८d पहा.) पुच्छजलात्मक इन्दीने भरीव खडकावर आधारित केलेल्या उंची कमी असलेल्या धरणात ही डोणी गालली तरी चालते. (आकृति १८a पहा.)

उत्प्लव-डोणीला लागून चवड्यापाशी जलोच्छाल निर्माण होण्याकरिता पुच्छजलाची खोली 'd'. ६ च्या समीकरणातील गुन वापरून परिगणित केलेल्या खोलीइतकी नवीनतम असली पाहिजे. जर पुच्छजलाची खोली जास्त असल तर जलोच्छालाचे शीर्ष डोणीपर्यंत पोहोचिपर्यंत वरवर सरकत जाते आणि प्रवा-
हाच्या पुच्छजलाने पूर्णपणे बुडून जाईतां ते पाण्याच्या फवाऱ्यांच्या उतरत्या पृष्ठभागावरून वरवर सरकू लागते (पहा आ. १८c). अशा परिस्थितीत जलोच्छालाच्या वरील पाण्याचा विक्षोभ हा सपाट नालीमधील जलोच्छालापेक्षा कमी क्षुब्ध असतो. परिणामतः ऊर्जाविक्षेपणाची गति मंद होते आणि नदीच्या तळाशी अनुप्रवाही दिशेने, वऱ्याच अंतरापर्यंत अतिशय वेगाचे प्रवाह पसरत जातात



आकृति १८. थोड्या प्रमाणात अपक्षरण-नियंत्रणाची तरतूद असलेले साडेवे.

उत्प्लवशी पुच्छजलाची प्रत्यक्ष खोली 'd' या परिगणित खोलीपेक्षा कमी असल तर अनुप्रवाहित दिशेने, अशा जागेपर्यंत जलोच्छाल इतका खाली सरकत जाईल की त्या ठिकाणी नालीतील धर्पणाने फवाऱ्याचा वेग कमी झालेला असल आणि त्यावेळी पुच्छजलाच्या विविधित पातळीवर जलोच्छालाशी सुसंबद्ध होईल इतकी फवाऱ्याची खोली वाढेल (पहा १८d) आणि यानंतरच्या परिस्थितीत जर जलोच्छाल अंचलाच्या पूर्णपणे बाहेर फेकला गेला तर साहजिकच मुख्य फवाऱ्याच्या संपूर्ण वेगाने नदीच्या तळावर अनिष्ट परिणाम होईल.

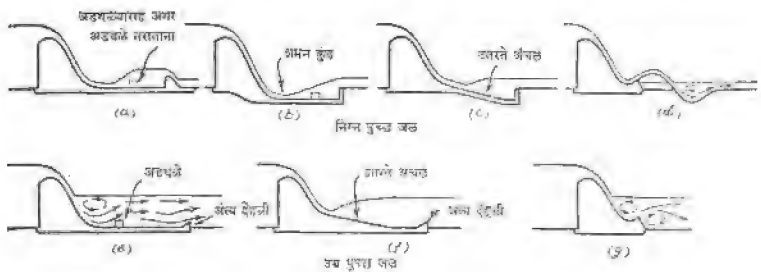
थोड्या प्रमाणात अपक्षरण-नियंत्रण असलेल्या धरणात आणि वऱ्याच उंचीच्या धरणात संकेतमान्य संकल्पचित्रांत तरतूद केलेल्या अपक्षरण-नियंत्रणापेक्षा जास्त समुचित तरतुदीची आवश्यकता असते हे आधुनिक अभियांत्रिकी प्रथेत मान्य केलेले आहे.

धरणाच्या सांडव्याखाली ताल्याच्या तळातील अपक्षरण-नियंत्रण उच्च असावे म्हणून संकल्पचित्र तयार करणाऱ्या स्थापत्यविशारदनी खाली दिलेल्या सुरक्षा पद्धतींपैकी एक अगर निव्ही एकत्रित करून हे नियंत्रण केले पाहिजे.

१. नदीच्या तळावर पाणी पडण्यापूर्वी त्यातील बऱ्याचशा अतिरिक्त, गतिजन्य शक्तीचे विक्षेपण करण्याकरिता आकृति १९a, १९b, १९f मध्ये दाखविल्याप्रमाणे जलोच्छालाचा उपयोग करून आणि काही काही धरणात वेगभंजकांची जोड देऊन हा हेतु साध्य करता येतो. धरणाच्या चवड्यावकड जलोच्छाल निर्माण करण्यास पुच्छजल जर अपुरे आहे असे आढळून आले तर आकृति १९a मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एका लहान उपबंधान्याचे साहाय्याने जमनकुंडे निर्माण करून अगर नदीचा तळ खोदून आ. १९b व १९c त दाखविल्याप्रमाणे जकरीपुरती खोली वाढविता येते. पण या दोन्हीही तरतुदी फार खर्चाच्या आहेत. ज्या ठिकाणी खडक स्तरमय भूतः आणि तो जस्त खोदल्याने धरणाच्या घनरूप-भ्रमतेचा सुरक्षागुणांक कमी होण्याचा संभव असतो अशा जागी दुसरी तरतूद विणेपेकरून अनिष्ट ठरते.

जलोच्छाल निर्माण होण्यास पुरेणा खोलीपेक्षा जास्त खोली जेव्हा पुच्छजलात असते आणि त्यामुळे पूर्वी स्पष्ट केल्याप्रमाणे ज्यावेळी (नदीच्या) तळात मोठा वेग निर्माण होतो त्यावेळी उतरत्या अंचलाची तरतूद करून ती खोली कमी करता येते. (पहा आकृति १९f) किंवा ऊर्जाविक्षेप होण्याकरिता अडथळेही बापरता येतात. (पहा आकृति १९c)

२. उच्च वेगाच्या प्रवाह-पटल-तंतूना पुच्छजलाच्या पृष्ठावरून अशा मार्गाने त्यावे की त्यामुळे तळाचा भेद होणार नाही, हा उद्देश अंत्य उंदरा अगर उदग्र डोणी बांधूनही साध्य करता येतो. (पहा आकृति १९g).

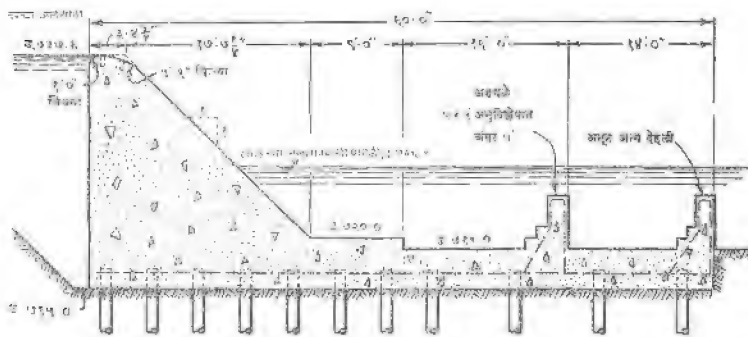


आकृति १९. अपक्षरण-नियंत्रणाची विविध तरतूद असलेले सांडवे.

३. काही प्रमाणात, जर, अपक्षरण चालू शकत असेल तर प्रक्षेप पथाची दिशा ते, डोंगीपासून अलग होताच, तिच्या थोड्याशा वरच्या बाजूस वळवून ती धरणाच्या चवड्याच्या निकट जागेपासून खालच्या जागेपर्यंत पुढे सरकविता येतो. (आ. १९d), तसेच अंथ उंबऱ्याची तरतूद कटनही हें साध्य करता येते.

३०. वेगभंजक स्तंभ

फवऱ्याच्या मार्गात आ. १९c आणि २० यांत दाखविलेल्या संकल्पचित्रा-प्रमाणे जर अंचलावर वेगप्रतिवधकस्तंभ अगर शरीर अडथळे सांगल्या नव्हतें नखडण्यांत आले तर फवऱ्याचा नाश करून त्याचे विक्षोभित पाण्यात रूपांतर करण्यास मदत होते. आणि त्यामुळे, सामान्यपणे, जलाच्छालाकरिता जी पुच्छजलाची खोली आणि क्षितिजसमांतर लांबी लागते त्यापेक्षा येथे प्रभावी जमनावरिता कमी खोली व अंतर पुरेसे होते. ज्यावेळी अशा वेगभंजक स्तंभांचा उपयोग करण्यात येतो त्यावेळी पुच्छजलाची खोली (वेगभंजक) स्वस्थ वृद्धीत आणि तसेच पाण्याचे फवारे हवेत उडणार नाहीत एवढी असली तरी पुरते. या ठिकाणी निवर्त अवस्था उत्पन्न होत असल्यास मात जास्त निमज्जनाची जरूरी पडते. या दुसऱ्या मुद्यावर, नंतर, चर्चा करण्यात येईल.



आकृति २०. मोनॉन गाहेला नदीवरील चौथ्या क्रमांकाच्या धरणावरील सांडवा व अंचल.

अमेरिकेतील नद्यांवरील ज्या तीकानथन धरणांची संकल्पचित्रे अतिकडे तयार करण्यात आली आहेत अशा धरणांत आकृति ४ मध्ये दाखविलेल्या अपक्षरण-नियंत्रण व्यवस्थेसारखीच काहीशी व्यवस्था केलेली असते. मात्र तेथे वेगभंजक स्तंभांच्या एक अगर अनेक रंगा समनल अंचलावर बांधलेल्या असतात. आणि

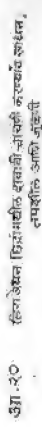
त्यामुळे फवाऱ्यांच्या शक्तीचा न्हास करण्यास परिणामकारक मदत होते. ज्या ठिकाणी निर्वात अवस्था निर्माण होईल असे जास्त जलश्रीर्षे नसले आणि जेथे वाळू अगर कंकर यांच्यासारखे धरण करणारे द्रव्य सांडव्यावरून खाली पडत नाही त्या ठिकाणी ही कायम स्वरूपाची तरतूद केलेली असते. मोर्नातगाहेला नदीवरील धरण क्र. ४ मध्ये वेगभंजक स्तंभांची एकूण रास आणि साधे न पाडलेला अगर पांचे न पाडलेला अथवा उंबरा यांचा उपयोग केल्याचे आकृति २० मध्ये दाखविले आहे. निरनिराळ्या संकल्पनिवडकारांनी आपल्या लहरीप्रमाणे वेगभंजक स्तंभांचे निरनिराळे आकार विकसित केले आहेत. परंतु, यातील काही इतके किरकोळ असतात की ते (बाहून येणाऱ्या) वर्षा अगर ओढक्यांचा माराही सहन करू शकत नाहीत.

पाण्याच्या प्रवाहगतीच्या काटकोनात येणाऱ्या वेगभंजक स्तंभांच्या एकाच प्रक्षेपित क्षेत्रांत जास्तीत जास्त होणारे ऊर्जा-विक्षेपण, वरच्या वाजूस साधी उभी दर्शनी वाजू ठेवून, प्राप्त करता येते. तसेच टेंक्या वाधकामांत, गाल्याच्या वाजूच्या दर्शनी वाजूवर क्रमशः उतार देऊन जास्तीत जास्त संरचनात्मक काटकसर करता येते. वेग-भंजक-स्तंभांच्या वरील दर्शनी वाजूचे त्यावर होणाऱ्या वर्षाच्या अगर ओढक्याच्या आघातापासून निवारण होण्याकरिता जर पुरेसा उतार दिल्या तर अशा स्तंभांची परिणामक्षमता कमी होते आणि जर तो अगरप्रवाही दर्शनी वाजूवरील उतार, केवळ पाण्याचा विक्षोभ न होता त्याला वळण देण्याकरिता सराट केला तर ती क्षमता जवळजवळ शून्यच होते. हे स्तंभ ज्यावेळी खोल बुडलेले असतात त्यावेळी त्यांची कार्यक्षमता जास्तीत जास्त असते. जर ते कमी खोल बुडलेले असतील तर (पाण्याचे) फवारे वेगभंजकावर आघात करतात तेव्हा त्यांचा मार्ग विकलित होतो आणि ते खूप उंचीपर्यंत हवेत उडतात. त्यांची ही कृति "गीजर"सारखी असते.

प्रतिमान-वाचण्यावरूनच वेगभंजकांची जागा आणि आकार निश्चित करता येतो.

अति ऊंच धरणांत दुर्दैवाने, संभाव्य निर्वातस्थिति निर्माण होते. त्यामुळे वेग-भंजक स्तंभ अगर इतर कोणाकृति अडथळें यांचा मुख्य प्रवाहाच्या फवाऱ्यात प्रत्यक्ष समावेश करण्यात अडथळा येतो. म्हणून अशा उंच धरणांत नैसर्गिक पुच्छजलांची खोशी जळोळ्याल निर्माण होण्यास फार कमी पडत असले तर अपक्षरणनियंत्रणाचे फक्त दोनच मार्ग उपलब्ध होतात.

- (१) मुख्य बांधकामाच्या खाली एक सहाय्यक बांध बांधणे (आ. १९ a) आणि
- (२) सांडव्याच्या पायथ्याशी नदीच्या तळांत एक कुंड खोदणे. (आ. १९ b)





३१. उत्तरते अंचल

मॅडेन, नॉरिस आणि शास्ता या धरणांसारख्या अलिकडील पुष्कळशा उंच धरणांत खोल पुच्छजल असते. त्याठिकाणी लांब आणि उतरत्या उत्प्लव-अंचलांची तरतूद करण्यांत येते. उद्देश हा की, सर्व तऱ्हेच्या प्रमाणांच्या वेळीं जलोच्छ्रालाचें निमज्जन न व्हावें. अशा तऱ्हेचा अंचल आकृति २१ व १९१ मध्ये दाखविला आहे. प्रतिक्रुतीच्या गह्रायसतें केलेल्या प्रयोगावरून असें सिद्ध झाले आहे कीं, प्रवाहाच्या दिशेने एक उभा व चार आडे या प्रमाणापेक्षां जास्त खडा उतार नसेल अशा नाल्यांत पृष्ठावरील बलयाकृति लाटामध्ये जोरदार विक्षोभ झाला आहे. आणि तदनुरूप अशा अत्युच्च उर्जा-विशेषणाचे गुणधर्म निर्माण झाले आहेत. यापेक्षा नाल्याचा उतार जर जास्त खडा असेल तर जलोच्छ्रालाचा कल निमज्जन होण्याकडे असतो आणि त्यामुळे वरील पाण्यांत सौम्य प्रकारचा विक्षोभ निर्माण होतो. नसेल मुख्य कवाच्यातील ऊर्जाचें विशेषणही कमी वेगाने होते आणि तळातील प्रवाहांचे वेगमान वाढते. म्हणून १:४ अगर त्यापेक्षा गपाट ढाल उतरत्या अंचलाकरितां उपयुक्त असतो असे मानले जाते. मॅडेन धरणाच्या (ट्रॅ. अ. मो. सि. इ. १९३८.) मोडव्यांच्या प्रतिमान चित्रांच्या अभ्यासा-वरून मि. आर. आर. रण्डॉल्फ यांनी असे प्रतिपादन केले आहे कीं, डांगीच्या गोलाकार पृष्ठावरील आरंभीच्या बिंदूवर उत्तम जलोच्छ्राल-निर्मिती होते. पण जर ती धरणाच्या खालच्या दर्शनी बाजूच्या खड्या उतारावर वकलली गेली तर ती चांगल्या प्रकारची होत नाही. अंचलाची संपूर्ण लांबी उपयोगी व्हावी म्हणून उच्छ्राल जवळपास पाठीमागे मुरू व्हावा लागतो. तो जास्तीत जास्त संभाव्य प्रवाहाकरितां धरणाच्या दर्शनी भागापासून उत्प्लव द्रोणीचा गोलाकार जेथे मुरू होतो त्या बिंदूवर मुरू झाला पाहिजे. जेथे उच्छ्राल-निर्मितीकरितां लागणाऱ्या खोलीपेक्षा पुच्छजलाची खोली जास्त असते तेथे उतरता अंचल अर्थातच जास्त उंच असला पाहिजे. आणि त्याकरितां कांकीटही जास्त प्रमाणांत वापरले पाहिजे. या कांकीटमधील कांही अंश धरणाच्या स्थंथ्याच्या इष्टीनेही उपयोगी पडतो. जेथे जलोच्छ्राल-निर्मितीच्या जहरी-पेक्षां पुच्छ्र जलाची खोली कमी असते तेथे उतरत्या अंचलाचा खालच्या बाजूचा शेवटचा भाग नळीच्या तळात, पुच्छ्रजलाची आवश्यक खोली (आ. १९८) मिळेल इतक्या खोलीपर्यंत खडा खणून मिळवून द्यावा. खोदकामाची जागा आणि मुख्य वंधाऱ्याचा चवडा यामध्ये पुरेसे अंतर ठेवतां येते हे अशा योजनेचे उत्तम वैशिष्ट्य आहे. लायल्हूना धरणाचे उत्प्लव-अंचल

आणि शमन कुंड आकृति २१ मध्ये दाखविली आहेत. वर उल्लेखिलेल्या तत्वांचे अवलंबून करण्यात आल्याचे हे एक उदाहरण आहे. मुख्य फवऱ्याच्या शक्तीचा नाश करण्याचे कामी उतरल्या उत्पलव-अंचलावरील पायऱ्यांची विशेष मदत झाल्याचे आढळून आले आहे. कारण या पायऱ्यांमुळे फवऱ्याचा आकार वळयाकृति बनतो आणि तेथील भोवरे, त्यावर असलेल्या विशोभित पायऱ्यांच्या वळयाकृति लाटामध्ये सहज सामावून जातात. पण उंच धरणामध्ये अंचलाच्या वरील पायऱ्या आणि शेवटचा उंबरा अहितकारक दृश्याचा संभव असतो. कारण त्यापासून निर्वातस्थिति व तदनुषंगिक अडचणी निर्माण होण्याची शक्यता असते.

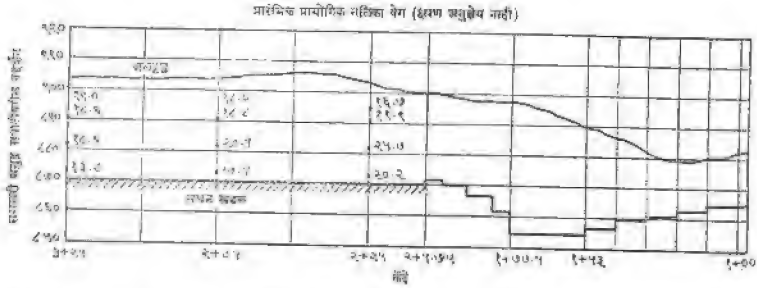


आकृति २१. लाँगटहत्ता धरणाच्या शमनकुंडाची प्रतिमान चित्रीय चांचणी.
यात अतिशय मोठ्या पुरातील शमनक्रिया दाखविली आहे.

जर उतरल्या अंचलाचा शेवट शमन कुंडाने झाळा नाही तर त्याच्या शेवटी उंबरा बांधावा अगर अन्य उपाय आ. १११, २० आणि २२ मध्ये दाखविल्या-प्रमाणे योजनांचे त्यामुळे पाण्याच्या तळातील जलतंतू नदीच्या तळापासून दूर वळविता येतील. अशा उपायांची जर तरतूद केली नाही तर असे उतरले अंचल अतिशय असमाधानकारक ठरतात.

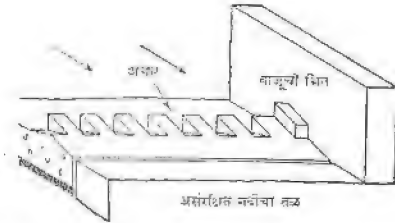
सामान्यतः जेथे धरणांची उंची इतकी असते की, मुख्य फवऱ्याच्या विभंजना-करता वेगभंजक स्तंभ मुरझितपणे उभारणे शक्य नसते तेथे उतरल्या अंचलाचा

उपयोग करणे सर्वात सोयीश्वर ठरते. परंतु, तेथे जर वेगभंजक स्तंभ वापरलेच तर ते शक्य तीतके पाण्याच्या खाली बुडतील असे ठेवणे इष्ट असते. कारण



आकृति २१०. आ. २१ मधील लेख प्रतिमान-चित्र. ह्यात अतिशय मोठ्या पुराच्या वेगचे पुच्छजलाचे वेग दर सेकंदास फुटात दाखविण्यात आले आहेत,

त्यामुळे निर्वात पोकळ्या उघड्या होण्याच्या प्रवृत्तीस आळा घालण्यासाठी लागणारे दाबशीर्ष उपलब्ध होते. हाच उपाय आंताच्या मार्गात प्रक्षेप करून, निचा तोंडगा म्हणून वापरण्यात येणाऱ्या उंबर, पायऱ्या अगर, इतर प्रकारचे बाबतीतही लागू पडतो. जसून खोल्यात निमजून केलेल्या वेग भंजकामुळे प्राप्त झालेल्या जलविक्षोभाचे प्रमाण जलोच्छ्वाला इतके परिपूर्ण असल्याने उतरता अंचल पूर्ण बगळून हा परिणाम कमी खर्चात प्राप्त करता येतो. पनामा कॅनॉल क्षेत्रांतील गॅटम धरणात त्रयाच उंचीच्या धरणाखाली उतरता अंचलावर वेगभंजक स्तंभ ठेवण्यापासून होणारे अतिवृष्ट परिणाम दिव्यगिन करण्यांत आले आहेत. या वेगभंजकांची देखभाल ही एक बारंवार होणाऱ्या कामाची आणि खर्चाची बाब होऊन बसली आहे असे प्रतिवृत्त आहे.

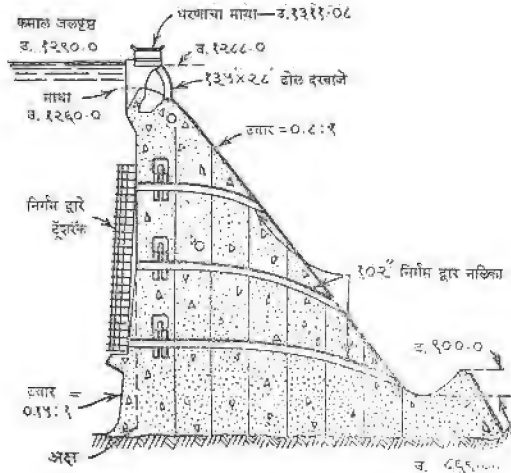


आकृति २२. रेहवाँक दंतुर उंबर

३२. उदग्र डोणी

जेव्हा जलोच्छ्वाला निर्मितीकरिता लागणाऱ्या खोलीपेक्षा पुच्छजलाची खोली बरीच जास्त असे तेव्हा आकृति ११६ व २३ मध्ये दाखविलेल्या ग्रँड-कूली धरणात वापरतात तज्ञा, वळकट, उदग्र आणि खोल अशा निमजित डोणीचा

संतोषजनक उपयोग करून ती निर्माण करता येते. पूर्वीच्या तिसऱ्या परिच्छेदात उल्लेखिलेल्या उतरत्या अंचलापेक्षा यांत काँक्रीटही कमी लागते मात्र प्रतिमान-चिन्नावरून संपूर्ण अभ्यास केल्याशिवाय ही योजना वापरू नये. कारण यांत एखादा अत्यंत धोकादायक घटक असण्याची शक्यता असते जर पुच्छजलाची खोली फार कमी झाली तर, जलधारेने ते पुच्छजल पुढे ढकलले जाते; आणि जवळ जवळ शीर्षजलाच्या पातळीच्या उंचीइतकी त्याची उंची वाढू शकते. त्यामुळे जवळ असलेल्या विद्युत्-धराची अगर अन्य माल-मत्तेची तुकमानी होण्याचा संभव असतो. जरी पुरामध्ये सुरक्षितपणे कार्यान्विन होण्याइतके पुढे पुच्छजल मिळत असले तरीसुद्धा, पुढचे एक अगर अधिक दरवाजे आकस्मिकपणे उघडल्याने अगर दरवाजे उघडेनासे झाल्यास धाराजल फार मोठ्या प्रमाणांत हवेत उंच उडण्याचा संभव असतो या गोष्टीकडे लक्ष देणे जरूर आहे.

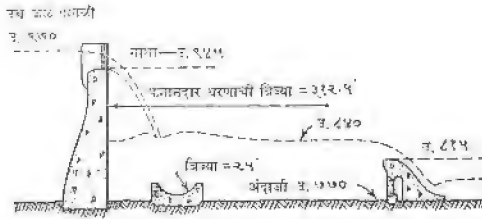


आकृति २३. ब्रॅडकूली धरणाचा सांडवा.

३३. चापाकृति धरणे

चापाकृति धरणाचे अभिकल्पन करतांना, पुष्कळवेळा, त्याच्या खालच्या बाजूचा दर्शनी भाग अगदी खडा अगर जवळ जवळ खडा ठेवण्यांत येतो. जर अशा धरणाच्या डोक्यावर उतलव मार्ग ठेवला असेल तर (त्यावरून वहाणाऱ्या पाण्याची) धार, बांधकामाच्या दर्शनी भागापासून अलग होऊन, अडथळा न होता, हवेतून मुक्तपणे खाली पडते. जर तेथे कृत्रिम शमन-कुंड बांधलेले नसेल तर जलधारांच्या पतनामुळे जमा नैसर्गिक जलप्रपाताच्या पायथ्याशी खड्डा निर्माण होतो, तसा एक खोल खड्डा आपोआप निर्माण होतो.

उभ्या दिशेने खाली पडणाऱ्या पाण्याच्या धारेचा वेग पूर्णपणे नाहीसा करण्याकरिता पाण्याची खोली फार असाडी लागते. काल्डरवुड धरणामध्ये, त्याच्या मुख्यबांधकासाच्या खाली, अगदी थोड्या अंतरावर एक उपबांध बांधून शमन-कुंड तयार केले आहे. आ. २४ मध्ये दाखविलेल्याप्रमाणे प्रवाहधारेच्या प्रक्षेप-पथाच्या रेषेत कुंडाच्या तळाशी काँक्रीटची एक वक्र डोणी बांधली आहे. या डोणीचे कार्य तळाशी खोळपयंत गिरलेल्या जलधारांतील तंतूंचा आघात सहन करणे



आकृति २४. चापाकृति काल्डरवुड धरणाचे शमनकुंड.

आणि त्यांना वरून वहाणाऱ्या पाण्यांत वळविणे हे असते. पाण्याच्या धारेच्या सर्व प्रकारच्या प्रस्तावांत जलधारा-प्रक्षेप-पथाचा समावेश होऊ शकेल अशी शमनकुंडाची रुंदी ठेवलेली असते. प्रतिमान चित्रांच्या प्रयोगावरून असे दिसून आले आहे की, डोणीवर आघात करण्यापूर्वी जलधारांची शक्ति यत्कितीतही कमी झालेली नसते. पण नंतर मात्र, ती शक्ति संपूर्णपणे नाश पावते. काल्डरवुड धरणांतील ही शमनपद्धती अनेक मोठ्या पुरामध्ये यशस्वीरीत्या काम देत आली आहे-

३४. खुजी धरणे

पुणतवान् खडकावर आधारलेल्या खुज्या धरणांत तुलनेने सोप्या साधनांचा उपयोग करून धूप-निबंधणाची समस्या बहुशः दूर करणे शक्य असते. परंतु अशा खुज्या धरणांचा पाया जर नरम अगर सुटचा, दाणेदार द्रव्यावर आधारीत केला असेल, विशेषतः त्या धरणावरून जर अतिशय मोठे पूर जाण्याची योजना असेल तर अशा धरणांतील समस्या सोडविण्यांत फार मोठ्या अडचणी येण्याचा संभव असतो. खुज्या धरणांत, ऊर्जा-विक्षेपण जलद होण्याकरिता जलोच्छालास "प्रत्यक्ष" आकार मिळावा लागतो पण तो आकार कमी जलशीर्षांत तसा प्राप्त होत नाही ही एक नवीच अडचण उपस्थित होते. जलट अनुप्रवाही दिशेने कांहीं अंतरापर्यंत अग्रगामी तरंगाची मालिका असलेल्या सर्पिल आकाराचा जलोच्छाल निर्माण होतो. अशा तरंगमालेमुळे प्रत्यक्ष

जलोच्छालामुळे^{११} निर्माण होणाऱ्या वेगवेगळ्या तळांतील वेग तुलनेने अनुप्रवाही दिशेने वऱ्याच अंतरापर्यंत टिकून राहता. शिवाय जेव्हा जलशीर्ष कमी असते त्यावेळी दिशेच्या विविष्ट प्रस्फावाच्या वेळी नमस उत्पन्नीधार तुलनेने जास्त जाड असते. आणि जर वेगभंजक अगर उंबरठे भरपूर उंचीचे नसतील तर अशा वेगभंजक स्तंभांच्या अगर उंबरठ्यांच्या माहाय्याने ती धार फोडणे जड जाते. परंतु, धारांच्या कमी वेगमात्ताने निर्वात अवस्थेच्या अनुपस्थितीमुळे वेगभंजक स्तंभांच्या अगर उंबरठ्यांच्या उपयोग करणे अनुज्ञेय असते. ज्या नद्यांचा तळ नरम द्रव्याचा असतो तेथे धरणाच्या खाली अपक्षरण नियंत्रणास मदतच मिळते. कारण अशा नद्यात प्रवाहवेग कमी असतो आणि त्या मानाने तेथे जास्त पूर येण्याची परिस्थिति असते हे त्यांचे वैशिष्ट्य आहे. आणि ह्या दुसऱ्या गुणधर्मांमुळे प्रवाहधारेचे परिणामकारक शमन होण्याकरिता पुच्छ-जलाची पुरेशी खोली निर्माण होण्याकडे प्रवृत्ती असते. अशा नद्यात पुराचे वेळी पुष्कळवेळा उत्पन्न भागांचे शीर्ष वृद्धन जाते. पुष्कळ खुज्या धरणांत, अपक्षरण नियंत्रण-समस्या सोडवितांना त्या ठिकाणी पूरदरवाजे असणे ही एक अडचणीची बाब होऊन बसते.

तळांत, नरम अगर मुटे दाणेदार द्रव्य असलेल्या नद्यांच्या पुरामध्ये पाण्याची अपक्षरणप्रवृत्ति व त्या द्रव्याची क्षरणप्रतिरोधक शक्ति यांत इतका ताजूक समतोल अनेकवेळा अस्तित्वात असतो की, त्या जागी पुच्छजलातील स्वाभाविक वेगापेक्षा जसा वेग वाढला की तेथे संभीर अपक्षरण होऊ लागते. अशा द्रव्यावर आधारलेल्या बांधकामांचे बाबतीत, प्रवाहधारा फरशी केलेल्या अंचला बाहेर पडण्याच्या आतच त्यातील सर्व अतिरिक्त शक्तीचे विक्षेपण करणे जहरीचे असते. अंचलाच्या खालच्या बाजूच्या नदीच्या पात्रातील एखाद्या भागापर्यंत या उच्च वेगाच्या प्रवाहधारा पोहोचल्या तर तेथील अतिशय वेगाने फिरणारे भोवरे नदीच्या तळापर्यंत न पोहोचतील असे करणे व त्यांमुळे त्या भागाचे होणारे अपक्षरण थांबविणे कठीण असते. मुद्दवाने, पारंगम्य द्रव्यावर आधारलेल्या धरणांमध्ये झरणप्रवणता मपाट ठेवावी लागते. त्यामुळे धरण आणि अंचल यांच्या पायथ्याची एकूण रुंदी अंचलावर ऊर्जा विक्षेपण होण्यास पुरेशी होते. अशा धरणाला, आधुनिक प्रथा अशी आहे की, तेथे सामान्यतः ओजीच्या आकाराचा उत्पन्नमार्ग बांधवयाचा, त्याच्यापुढे पुरेशा रुंदीचा समतल अंचल ठेवावयाचा आणि ते बांधकाम शेवटच्या उंबरठ्यात मिळवून घ्यावयाचे. अशा अंचलांमध्ये

तळटीप ११ “हायड्रॉलक्स ऑफ ओपन चॅनल्स,” बॉरीस बॅकमेतेफ (Boris Bakhmeteff) यांचे; मेकग्रॉ-हिल बुक कं., न्यूयॉर्क, १९३२.

काही वेगभंजक स्तंभ असतात अगर कधी ते नसतातही (आ. २२ पहा.). साधारणतः अंचलाची पातळी नदीच्या तळाच्या पातळीइतकी असते. पण कधी-कधी ती काहीशी बरीही असते. परंतु, जर एका विविष्ट प्रसावाच्या ठिकाणी जलोच्छाल अंचलाच्या बाहेर ढकलला जात असेल तर तेथे नदीच्या तळाच्या स्वाभाविक पातळीपेक्षा अधिक खोलीवर, अंचल न्यावा ल गेल. काही धरणात उत्प्लवमार्गाच्या खालच्या दर्शनी वाजूस क्रमशः उतार देण्यात येतो आणि तेथे एक अगर अधिक पायऱ्यांची तरतूद करण्यात येते. अशा पायऱ्या कधी सपाट असतात तर कधी त्यात पोचे पाडलेले असतात. या तरतुदीने जलोच्छालात प्रवाहधारा फोडण्यास जास्त क्षेत्र मिळण्यास मदत होते. आ. ४ मध्ये कोलोरॅडो नदीवरील इंग्रिशल धरणाचा छेद दाखविला आहे आणि त्यात वरील कांहीं उपायांचे चित्रणही केले आहे. उत्प्लवमार्गाच्या पायऱ्याशी पोचे पाडलेली एकच पायरी, आणि कांहीतच्या अंचलाच्या खालच्या टोकाशी पोचे असलेला एक उंबरठा बांधण्यात आलेला आहे.

३५. अंतदेहल्या (End-Sills)

जेथे उच्च दर्जाच्या अपक्षरण-नियंत्रणाची जरूर असते तेथे समतल अंचलाच्या खालच्या वाजूच्या कोरेवर, कोणत्या तरी प्रकारच्या अंतदेहल्या नेहमी बांधाव्या लागतात. धरणाच्या निकटवर्ती परिसरात नदीच्या तळापासून अवशिष्ट जलधारा-तंतू दूर रहावेत आणि पुच्छजलातून त्यांचे विकिरण ल्हावे म्हणून ही तरतूद केलेली असते. वेगभंजक स्तंभ वापरून अगर त्यांचेजिवाय जलोच्छालाच्या साहाय्याने, जलधारेतील शक्तीचा बराचसा भाग नाश होण्यापूर्वी जलधारेच्या मार्गात अशी "देहली" समाविष्ट करून तिचे परिणामकारक शसन कारणे शक्य नसते.

अंचलावर जर वेगभंजक स्तंभ वापरले नसतील तर पोचे पाडलेल्या देहलीचा परिणामकारक उपयोग करता येतो. याबाबत विशेषेकरून डॉ. टी. रेहवूक यांची एकत्र केलेली (Patented) अभिकल्पना परिणामकारक ठरली आहे. ही अभिकल्पना आ. २२ मध्ये दाखविली आहे. दुसऱ्या अभिकल्पनेमधीलही पोचेदार देहल्या वाजवी प्रमाणांत चांगल्या प्रकारे काम देतात. जर अंचलावर वेगभंजक स्तंभ उभारले तर अंतदेहलीत पोचे पाडण्याची जरूरी नसते. परंतु, वरच्या वाजूच्या दर्शनी भागामे खडा उतार असलेली व उतरती अगर पायऱ्या असलेली साधी देहली वापरण्यात यावी (आ. २०). जर वेगभंजक स्तंभ वापरले नाहीत तर तलस्थित बलयाकृति धारापुंज (bed-roller) अगर देहलीच्या निकटवर्ती खालच्या वाजूस मुख्य प्रवाहधारेखाली फिरत्या पाण्याचा

पूज निर्माण करण्याकडे माध्या अंतदेहलीची प्रवृत्ति होते आणि देहलीच्या थेट खाली, नदीच्या तळात, बरेचदा बाजूस जोरदार प्रवाह निर्माण होतो.

३६. वेगभंजक स्तंभावरील निर्वात-स्थिती

घन पदार्थाच्या आसपास निर्वात स्थिति उत्पन्न झाल्यास त्या पदार्थाची खराबी खालील पद्धतीने होते. पाण्याच्या v या वेगाने वहाणाऱ्या प्रवाहाने जेव्हा एकादा पदार्थ प्रक्षेपित होतो तेव्हा त्या पदार्थाच्या खालच्या बाजूवरील दाब प्रवाहाच्या सर्वसाधारण वेगापेक्षा $v^2/2g$ इतका प्रमाणात कमी होतो. जर तो वेग इतका जास्त असेल की त्यामुळे त्या पदार्थाच्या नजिकच्या अगर त्याच्या पाठीमागच्या कोणत्याही बिंदूवरील दाब पाण्याच्या वाष्पदाबाइतका कमी होईल तर त्या द्रव पदार्थात एक भोंकळी जागा अगर निर्वात कप्पा निर्माण होतो. तेथे निर्वात-कप्पा निर्माण झाल्याने तेथील काँक्रीटचे शीघ्र गतीने विघटन होते.

निर्वातकप्पा निर्माण न व्हावा म्हणून खालीलप्रमाणे परस्परसंबंध असले पाहिजेत :—

$$p_a + S - j \frac{v^2}{2g} \geq p_v$$

p_a = वातावरणातील दाब—जलफूट.

S = स्तंभ अगर ऊंवरठ्याचे जरूर ते निमज्जन, फूट.

j = स्तंभाच्या अगर ऊंवरठ्याच्या आकारावर अवलंबून असलेला गुणांक (प्रतिमान चित्रावरून केलेल्या प्रयोगावरून हा ठरविला जातो).

$\frac{v^2}{2g}$ = स्तंभ अगर ऊंवरठ्याच्या जागी असलेले वेगशीर्ष, फूट.

p_v = दिलेल्या तपमानात निर्माण झालेल्या वाष्पदाब (जलफूट) (वाष्पसारणी पहा).

$j \frac{v^2}{2g}$ = भोवतालच्या पाण्याच्या खालील दाबातील घट.

वरील समीकरणात पुढील गोष्टींची जरूरी असते :— वायुदावाने निर्देशित केलेला अडथळ्याजवळील निव्वळ दाब, p^a अधिक निमज्जन S उणे अडथळ्याच्या बाजूने जाणाऱ्या प्रवाहाच्या उच्च वेगामुळे झालेली दाबातील घट $j \frac{v^2}{2g}$ ही पाण्याचा वाष्पदाब p इतकी अगर त्या पेक्षा जास्त असली पाहिजे.

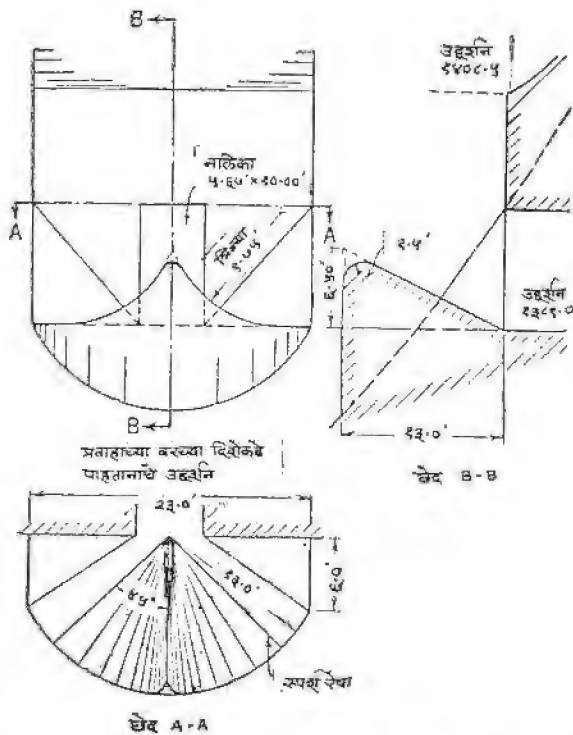
परिणत दाबापैकी एखादा, पूर्णाकृती प्रतिमानावर संकमित करताना जर बाष्पदाबापेक्षा कमी होत असेल तर पूर्णाकृती प्रतिमानात (प्रोटो-टाईप) निर्वातस्थिती उत्पन्न होणार हे उघड आहे. जर दाबापावीत प्रवेगछिद्रे नसतील व ज्या ठिकाणी वेगभंजक स्तंभाचा आकार असा असेल की त्याचे 'j' चे मूल्य माहोत आहे अशा बाबतीत निर्वातस्थितीची क्षमता संगणनाने अंदाजे काढता येईल हे उदाहरण २५ कमांकाच्या आकृतीमध्ये दाखविलेल्या सांडव्याच्या प्रतिमान चाचणीवर आधारलेले आहे. या आकृतीतील सर्व राशी पूर्णाकृती प्रतिमानाच्या आहेत. या प्रतिमान चाचणीत ज्यावेळी वेगभंजकस्तंभ वापरले नाहीत त्यावेळी जलोच्छाल अंचलाच्या पलिकडे डकडळा जाऊ नये म्हणून आवश्यक असणारा पुच्छजलाची खोली २१.५ फूट ठेवली होती. ३.७५ फूट बाजू असणाऱ्या व तेवढ्याच अंतरावर असलेल्या घनाकृती वेगभंजक स्तंभाच्या एका बाजूमधून जलोच्छाल स्थिर राखून पुच्छजलाची खोली सुमारे २५ फूट-वघेत कमी करता आली. मात्र ही खोली आणखी कमी करण्याने पाण्याचे फवारे 'वेगभंजक स्तंभाजवळ उडणे व त्याच्या माथ्यावर २० फूट निमज्जन होऊ देणे शक्य झाले. या वेगभंजक स्तंभामुळे पुच्छजलाचा खोली २६ फूट असताना अधिक स्थिर नलोच्छाल निर्माण करता आला. यावेळी वेगभंजक स्तंभाच्या माथ्याचे निमज्जन १५ फूट होते आणि स्तंभाकडे जाणाऱ्या पाण्याचे (प्रतिमानात पिटार नलिकेवरून मोजलेले) सरासरी वेगशीर्ष सुमारे ९१-० फूट होते. वातावरण दाब आणि जलबाष्पदाब हे अनुक्रमे ३४ फूट व १ फूट यांस तुल्यवळ आणि $d = 0 - 20$ अशी मूल्ये जर गृहीत धरली तर निर्वातस्थिती टाळण्यासाठी $S = 0 - 60 (९१) + 1 - 34 = 29$ (समीकरण ८ प्रमाणे) फूट असे येईल. प्रत्यक्षात असणाऱ्या १५ फूट निमज्जना पेक्षा हे बरेच ज्यास्त असल्यामुळे पूर्णाकृती प्रतिमानात वेगभंजक स्तंभाजवळ गंभीर स्वरूपाचा निर्वात कप्पा तयार होईल. अशाप्रकारे केलेले संगणन हे निश्चित निष्कर्ष दाखवित नसून ते केवळ अंदाज मूल्ये दर्शविते असे मानावे लागते. कारण वेगभंजक स्तंभावर आपटण्याच्या अगदी अगोदर पाण्याचा प्रत्यक्ष सरासरी वेग ठरविणे कठीण असते. पिटाट नलिकेद्वारे घेतलेल्या चाँचण्या या ठिकाणाच्या वेगाचे वितरण अगदी असमान असल्याचे दर्शवितात.

कानेजी टेक्नॉलॉजी इन्स्टिट्यूट मध्ये एक विशेष उपकरण बनविण्यात आले आहे. त्यात प्रतिमान साडव्याखालील संपूर्ण भाग रेखीव प्रतिमान प्रमाणा-वरतुकूम असतो. केवळ मूल्य वातावरण दाबापेक्षा कमी ठेवता येते. त्यामुळे पूर्णाकृती प्रतिमानातील निर्वात कप्पे त्याच आकारात व त्याच जागी या प्रतिमानात पुननिर्माण करता येतात व जाड सपाट काचेच्या ब्लिडकीतून प्रत्यक्ष

दिव्य शक्तान. जेथे निर्वात स्थिती नाहीशी करण्यासाठी अथवा निर्वात स्थिती-
मुळे होणारी हानी कमीत कमी करण्याच्या उद्दीष्टाने वेगभंजक स्तंभाच्या किंवा
अंतर्देहलक्ष्या अभिकल्पनात बदल करावयाचा असेल तेथे हे उपकरण उघड्या-
नामान्य प्रतिमान व्यवस्थेपेक्षा अतिशय फायदेशीर ठरते. खवले पडू नयेत किंवा
न कमीतकम पड्यावे म्हणून वेगभंजक स्तंभाच्या काँक्रीटच्या पृष्ठभागास किंवा
कसतच्या संपृष्ठभागास चिकटून निर्वात कप्पे तयार न होता ते पाण्याच्या प्रवाहाने
पूर्णपणे वेढले जातील असे ते तयार केले जावेत. या दृष्टीने वेगभंजक स्तंभाची
अभिकल्पना करता येण्याची शक्यता या उपकरणांमुळे अधिक वाढली आहे.

३७. धारा विक्षेपक आणि शमनकुंडे

ज्यावेळी स डव्याखालील पुच्छजल, जलाच्छास निर्माण होण्यासाठी अगदी
उघळत असले आणि शमनकुंड बांधणे योग्य ठरत नसेल, त्यावेळी सांडव्याची
बरच्या बाजूस बळगारी डोणी वापरता येते याचा पूर्वी उल्लेख केला आहेच.
यामुळे धारेचे किंचित बरच्या दिशेने हवेत विक्षेपण होऊन ती डोणीच्या अनु-
प्रवाही बाजूस थोड्या अंतरावर पुच्छजलास जाऊन धडकते. या व्यवस्थेमुळे
महसा धारेचा प्रक्षेपणपथ ज्याज्या प्रवाहास छेदता त्याठिकाणी प्रवाह तळाची
धूप होते. जेथे पुच्छजलास धडकण्यापूर्वी धारेचे आडव्या पातळ पट्ट्यात विस्तारण
करता येणे शक्य असते तेथे ही धूप टाळता येते. ज्या ठिकाणी चारीच्या हंदीपेक्षा
अगदी कमी हंदीचा पुच्छजल प्रवाह बाहेर पडतो त्या बांगडातून अथवा निर्गम
नलिकेतून ही धारा येत असेल तर अशी परिस्थिती उद्भवते. पातळ पंख्याच्या
आकाराचा हा पाण्याचा पट्टा पुच्छजलाच्या पृष्ठभागावरून धडकण्याच्या जागी
बरच्या वरून वाहून जाण्याचा संभव असल्याने त्याचा पुच्छजलात अगदीच थोडास
शिरकाव होऊ शकतो. ब्ल्यू स्टोन धरणाच्या निर्गम नलिकेतून बाहेर पडणाऱ्या
धारेस विस्तारित करणाऱ्या विक्षेपकाचे संकल्पचित्र आकृति २६ (अ) त दाख-
विले आहे आणि आ. २६ (ब) ही रेडक्रॉस धरणासाठी वापरण्यात येणाऱ्या
तत्सम विक्षेपकाच्या प्रतिमानातून बाहेर पडणारी धारा दर्शविते. आयोजित
योगीहोचेना धरणाच्या निर्वात नलिकेतून बाहेर येणाऱ्या धारेचे विस्तरण कर-
णारा विक्षेपक हा बड संकल्पनेतील शमनकुंडापेक्षा कितीतरी अधिक फायदेकीर
असल्याचे दिसू न आले आहे.



आ. २६ अ प्रस्तावित कल्यूस्टोन धरणाच्या निर्गम नलिकेकरिता धारा विक्षेपक

आ. २६ (अ) प्रस्तावित कल्यूस्टोन धरणाच्या निर्गम नलिकाद्वाराकरिता धारा विक्षेपक—

प्रवाहिकेच्या अथवा वोगद्याच्या निर्गमद्वारात बहुशा शमनकुंड बांधलेले असते आणि जलोच्छालात प्रवेश करण्यापूर्वी धारेचे आडव्या पट्ट्यात विस्तारण ट्रॉईल अशारीतीने सामान्यपणे त्याचे अभिकल्पन केलेले असते. साधा जलोच्छाल अथवा पायऱ्या, वेगभंजक स्तंभ किंवा देहल्या यांच्या साहाय्याने असे व खोल धारेपेक्षा बंद व उथळ धारेचे भंजन करणे अधिक सुलभ होते. या शमनकुंडाच्या अभिकल्पनात अंतर्भूत असणारी मूलभूत तत्वे ही धरणातील सांडव्याच्या खाली असणाऱ्या सामान्य शमनकुंडाच्या बाबतीत पूर्वी वर्णन केलेल्या तत्वांसारखीच असतात.

३८. अंचलाखालील उत्क्षेप -

समतल चारीमध्ये, जलोच्छालाच्या अपरप्रवाही बाजूचे पाणी अनुप्रवाही बाजूच्या पाण्यापेक्षा ज्यास्त उंचळ असते. जलोच्छालाचा सर्वसाधारण आकार आकृती १७ त दाखविला आहे आणि त्याखाली उतरती लांबी ही पाण्याच्या पृष्ठभागावरील उठावाच्या risen सूमारे सहापट असते. जर अंचल काँक्रीटचा असेल आणि नैसर्गिक खडकाची स्वररचना क्षितिज समांतर आणि जलनिष्कास नाली पुतेशी उभि नसेल तर जलोच्छालाच्या अनुप्रवाही बाजूच्या खाल पाण्याचा दाब स्तरातून मार्ग काढून कोणच्याही थरातील पूर्ण शंभर टक्केभागात पुच्छ-जलाच्या खोली हतका उत्क्षेपदाब निर्माण करेल. जलोच्छालाच्या उथळ भागा-खाली उत्क्षेपसमान पाण्याची खोलीच्यायोगे निरस्त न होण्याची शक्यता असते व दाब जर पुरेसा असेल तर खडकाचे थर बाहेर उचलले जाऊ शकतात.

काँक्रीटचा अंचल व शमनकुंडाच्या खाली असणारा कक्षेपदाब देखील विचारात घेणे आवश्यक आहे. कारण जर जलनिष्कास नाली ठेवली नसेल तर या अंचलावर कुंडाच्या काँक्रीटचे वजन (ऊर्ध्वगामी दाबास समतोल होईल एवढे) पुरेसे असावे लागते किंवा स्थिर राहण्यासाठी खडकात गुंतवावे लागते.



आ. २६ व. आ. २६ अ मधल्या धाराविक्षेपका सारख्या पण रेड बॅक धारणाकरता प्रस्तावित केलेल्या धाराविक्षेपकाची प्रतिमान आचणी

वाचणी-

काँक्रीटमधून व खडकात पुरेणा खोलीपर्यंत जलनिकासन छिद्रे पाडून त्यात काँक्रीट घातलेला खडक यांचे निमज्जित वजन अलौक्याने पुनःप्रस्थापित पाण्याच्या खोलीस तुल्यबल करून उत्क्षेपदाब निरस्त करता येतो. जलनिकासन नालीच्या बहिर्गम अनुप्रवाही वाजूस उच्चार दिव्यास पाण्याचा वेग वाढत जाऊन त्यात अंणतः निर्वातन/स्थिती निर्माण होते व त्यायोगे उत्क्षेपामुळे होणाऱ्या मुकसानी विरुद्धचा मुरक्षा गुणांक वाढतो.

जर खडक क्षितिज समांतर दिशेने स्तरीभूत झालेला नसेल आणि उत्क्षेपाचा वोंका फक्त काँक्रीट व खडक यांच्यामध्ये असेल तर खडकात छिद्रे पाडून त्यात लोखंडी गज माराभरित करून काँक्रीटमध्ये गुंतवावेत.

काही ठिकाणी उष्णपाण्याच्या क्षेत्राभोवती उत्क्षेप कमी व्हावा म्हणून काँक्रीटचा किंवा माराभरीत काटमार्ग वापरण्यात आला आहे.

ज्यावेळी पाया मातीचा असेल आणि नेहमी लागतो त्याप्रमाणे अंचल किंवा शमनकुंठ यांच्या स्वकपात काँक्रीटने ती संरक्षित केलेला असेल तर त्यावेळी नेमकी तीच समस्या उभी राहिल. आणि त्यावेळी तेच उपाय अमलात आणावे लायतील. मात्र या ठिकाणी काँक्रीट गुंतविता येत नाही. उत्क्षेपदाब निरस्त करण्यासाठी काँक्रीटच्या तळाशी निस्वयंकाने संरक्षित अशी जलनिकासन नाली बसविता येते पण काँक्रीटच्या खालच्या पायातील रंध्राबाबतेही १४ व्या प्रकरणात बर्णन केल्याप्रमाणे संशोधन करावयास हवे.

आतापर्यंतच्या चर्चेमध्ये उत्क्षेपदाबाच्या समस्यांचा विचार करतांना जला-मयातील शीर्ष-जलामुळे विभर्ण होऊ शकणाऱ्या उत्क्षेपदाबाकडे दुर्लक्ष करण्यात आले होते. या प्रकरणामध्ये पूर्वी ठोकळ मानाने सांगितलेल्या सिद्धांतांच्या साहाय्याने अशा गुंतागुंतीच्या समस्या सोडविता येतील.

३१. वरवर्णन-

धरणावरून वाहून जाणाऱ्या पाण्याचा ऊर्जानाश करण्यासाठी तसेच फुचु-जलांचा वेग सामान्य परिस्थितीत असतो त्याच्या शक्यतो ज्वळच्या मर्यादेपर्यंत कमी करण्यासाठी काय उपाय होऊन अकथ्य आहे हे मागील भागामध्ये बर्णिले आहे.

तथापि, विशिष्ट प्रवाहास स्वाभाविक असणाऱ्या वेगाविरुद्धा सरक्षक साधना मधून निघणाऱ्या पाण्याचा वेग कमी करणे साहजिकच बघीत असते आणि अशा स्वाभाविक वेगामुळेही याचवेळी नदीच्या तळाची धूप होते. म्हणजे सामान्य परिस्थितीत पुराच्या वाढत्या टप्प्यामध्ये कित्येक नद्यांचे तळ खोल होतात. आणि पुर ओसरत असताना पुरातून बाहून आलेल्या गाळ व इतर द्रव्ये पात्र उघळ होते.

धरणामुळे तयार झालेल्या जलाशयामुळे नदीतून बाहून आलेला गाळ वगैरे माल सवंच्या सर्व धरणाच्यावरील बाजूस खोल पाण्यात साचून जातो आणि पुर ओसरल्यावर नदीचा तळ पुनं पातळीवर येण्यासाठी तो उपलब्ध होत नाही त्यामुळे कायम स्वरूपाचे पश्चगमन होते.

याकरता संरक्षक बांधकामाच्या अनुप्रवाही बाजूकडील टोंकाजवळ नदीच्या तळावर योग्य ते संस्कार करणे आवश्यक असते. त्यामुळे ज्यावेळी पश्चगमन होते त्यावेळी संरक्षक बांधकामाच्या खालच्या बाजूकडील पायाची हानी होणार नाही.

यासाठी नेहमीची पद्धत, संरक्षक बांधकामाच्या चवड्यापाशी कांकीटचा काटमार बांधणे किंवा स्थूणा रोवणे व त्यास साहाय्यक म्हणून मोठ्या दगडांची उत्तरण (ramp) बांधणे ही होय (आ. ४)

अंचलाच्या खालच्या बाजूस असणारी अग्रपडल (riprap) हा अंचलाचा चवडा व नदीच्या तळाची नवी उंची यामधील नवा उतार, अवस्थापन पक्के व्हावे यादृष्टीने ठेवलेला असतो आणि चवड्याजवळच्या अग्रपडलाचे थोडे फार निक्षेपण झाल्यास अंचलाचे जलाश्रालापामून संरक्षण व्हावे या उद्देशाने पट्टस्थानू पुरलेल्या असतात.

सांडवा धरणाचा चवडा हा संरक्षक बांधकामाच्या उतारात एक उतारावर योग्य ती काळजी घेतली पाहिजे. तसे न केले्यास पाणी मुख्य कार्वर वडे धरणास समांतर अशा दिशेने वाहू लागेल. ढाळ अधिक खडा असल्यास धरणाच्या किंवा अंचलाच्या चवड्याजवळच्या पायाची धूप होऊ शकेल एवढा प्रवाहाचा वेग वाढण्याची शक्यता असते. ही परिस्थिती टाळण्यासाठी ठराविक अंतरावर दगडाचा भराव, पक्के बांधकाम अगर अन्य कांही योग्य पद्धतदर्शक बांध घालावे लागतील. बांधकामास कोणतीही हानी होऊ नये म्हणून हे बांध धरणापासून सुर-

वात करून अनुभवाही वाजुस प्रवेशा अंतरापर्यंत नेलेले असतात. काही वेळा या पथदर्शक बांधांना जोड म्हणून नदीला समांतर अशा कालव्याची तरतूद केलेली असते त्यामुळे प्रवाहाचा वेग हळूहळू कमी होतो. हे बांधकाम साहजीकच खर्चाचे असते आणि विशेषतः दादा प्रवाहाच्या बाबतीत हे अगदी ठळकपणे नजरेस येते. व सांडव्याच्या लांबीवर नदीच्या समतल भागाच्या रुंदीची मर्यादा घालण्याची जखरी वास्तते. वाजुच्या उभाशेवर असणाऱ्या अंचलाच्या मागापासून अनुभवाही कडेला एक छाटेसे पूरक धरण बांधून अंचलाकडे येणारा प्रवाह बंदित करून नदीच्या पात्रात वळविता येतो.

12- " लगूना धरण " पहा-^H इंज-न्यूज फेब्रुवारी ९, १९०५ आणि फेब्रु. २७, १९०८

५. संदर्भ ग्रंथ

४०. मांडणी- खालील संदर्भ डीबल मानाने विषयानुरूप बांडले आहेत तथापि काहीत अनेक विषयांवर माहिती असण्याची शक्यता आहे.

जलोच्छालाचे गृणधर्म काय असतील ?

बरील समीकरणानुसार

सामान्य -

१- डब्ल्यू-जे. मीड- " इंजिनियरिंग जिऑलॉजी फॉर डॅमसाइट्स " - मोठ्या धरणावरील दुसरे संमेलन. वॉशिंग्टन. डी. सी. खंड ४ १९३६ पा. १७१

२- आय. बी. कॉर बी- " जिऑलॉजी फॉर डॅम साइट्स. " अमे. सो. ऑफ इंजिनियर्स, सॅन फ्रॅन्सिस्को सभेत जूलै १९३९ ला सादर केले -

३- खोस्ला, बोस, आणि टेलर - " डिझाइन ऑफ विअर्स ऑन पर्मिअबेल फाउंडेशन्स- " प्रकाशन क्र-१२, मेट्रुल बोर्ड ऑफ इरिगेशन, " सिचला, इंडिया १९३६

४- पुढील बाब ५ मध्ये समाविष्ट केलेली विस्तारित संदर्भ ग्रंथ सूची

अभिकल्पनांचा उदाहरण

५- १९३९ मध्ये जमि सोसा. ऑफ इंजिनियर्सनी १९३९ मध्ये पत्रिकांच्या स्वरूपात इ. डब्ल्यू. लेम ने बाब ७ ला पुरवणी म्हणून प्रकाशित केलेली अभि कल्पनाची १०० वर उदाहरणे.

६- "डॅम्स आणि कंट्रोल वक्स," २ री आवृत्ती, यू. एस. व्युरो ऑफ रेकलमेसन १९३८ उत्थान () झिरपण, आणि सर्पण रेषा -

७- ई डब्ल्यू- लेन- खालून होणाऱ्या झिरपणापासून संरक्षण. मातीच्या पाया-चरील चुनेगळी धरणे. अमे. सो. ऑफ सिव्हिल इंजिनियर्सची कार्यवाही १९३५ पा. १२३५

८- एल. एफ. हार्डी- "वाय्वरील धरणाच्या खालील उत्थान आणि झिरपण-अमे. सो. सि. ई. ची कार्यवाही १९३५, पा. १३५२

९- जे. ए. एल. ब्रेट्स - "पाझरणाच्या पाण्यामुळे निर्माण होणारे दाब आणि जलीय संरचनातील प्रतिबलावरील त्यांचा प्रभाव-" मोठ्या धरणावरील २ व्या संमेलनातील कायदाही- वॉशिंग्टन डी. सी. १९३६, खंड ५ पान ४३.

प्रवाहजाल

१०- "दि इलेक्ट्रिकल अँनॉलजी फॉर पॅर्कोलॅटिंग वॉटर इन कनेक्शन वुडथ दि डिझाइन ऑफ अथॅ डॅम्स अँड आदर हायड्रॉलिक स्ट्रक्चर्स इन दि लॉस अँजेलिस डिस्ट्रिक्ट - तांत्रिकज्ञापन, यू. एस. इंजिनियर कचरी, लॉस अँजेलिस, कॅलि. से १९१९

११- एल-एम- हिल- "सीपेज थ्रू फाऊंडेशन्स आणि अँबकमेन्स स्टडीड बाय ग्लास मॉडेल्स," सि. इंज. जानेवारी १९३४, पा. ३२.

१२- लेन कॅवेल, आणि ब्राइस - "दि प्लोनेट अँड इलेक्ट्रिकल अँनॉलजी -" सि. इं. ऑक्टोबर १९३४, पा. ५१०

बाबी ३ ब ७ ते ९ सुद्धा पाहाव्या -

गाराभराई -

१३ - जे. बी. हेज - "इंफ्लिग फाऊंडेशन रॉक फॉर डॅम्स" - सि. इ. मे १९३९, पान ३७७

१४ - "थाऊजंड्स ऑफ होल्स ग्राउण्डेड अंडर नॉरिसडॅम" इज. न्यूज रेकॉर्ड, नोव्हें. २१, १९३५, पान ६९९

१५ - आर. मॅक. ड्यूफीड - टेकनीक ऑफ प्रेशर ग्राउंटिंग ऑफ फाऊंडेशन्स " - वेस्टर्न कन्स्ट्रक्शन न्यूज, ऑक्टोबर १०, १९२८.

१६ - एफ-एल- के लॉग - "क्ले ग्राउंटिंग अँट मॅडुन रेझव्ह्यर" - इज. न्यूज रेकॉर्ड, ऑक्टो. ६, १९३२, पान ३०५.

१७ - जोन्स आणि मिनिअर - " ग्राउटिंग दि फाउंडेशन ऑफ बोलडर डॅम " -
सि. इं. व्हिसे. १९३६, पा. ८१०

१८ - " ग्राउटिंग सील्स अँल्कोव्हा डॅम, " इ. न्यू. रेकॉर्ड सप्टें. ६, १९३६
पान ३२३.

१९ - जे. डी. लेविन - " ग्राउटिंग बुद्ध केमिकल्स ", इं. न्यू. रेकॉर्ड, ऑगस्ट
१७, १९३९, पान ६१

२० - जी. डब्ल्यू. ख्रिस्टिअन्स, " अँस्फाल्ट ग्राउटिंग अंडर हेल्स बार डॅम, "
इं. न्यू. रेकॉर्ड, मे १९२६ पान ७९८.

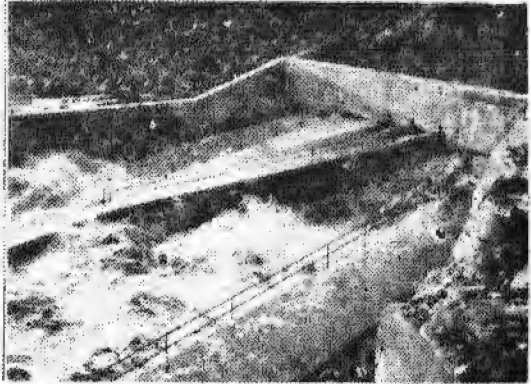


प्रकरण ४ थे

जलिय प्रतिमान अभ्यास

जॉर्ज ड. बार्नस १

१ - प्रास्ताविक - जलीय प्रतिमान अभ्यासाचे, जलीय संरचनांच्या विश्लेषणात्मक संरल्पना बदलणे व तपासून पहाणे यासाठी उपयोग वाढू लागले आहेत. जलीय प्रतिमाने ही बहुदा पूर्णकृती ते प्रतिमान वांछ्यातील प्रमाणगुणक (L) १०-१०० पर्यंत राहिल अशा रीतीने केली जातात. जर प्रतिमाने जास्त मोठी असतील तर त्याबरोबर खर्चही मोठा असतो. जर ती कमी आकाराची असतील तर आवश्यक त्या सुक्ष्मतेने त्यावर चांचण्या करता येत नाहीत. प्रमाण गुणांक निश्चित केल्या नंतर, प्रतिमान चांचणीतील निष्कर्षांना आद्यत गुणकाने गुणून प्रत्यक्षातील संभाव्य स्थितीस्थिती पडताळली जाते. प्रतिमान चांचणीमुळे परिचालन परिस्थितीतील संरचनेच्या वर्तनाचे पूर्वदर्शन घडते. आणि त्यामुळे गुणात्मक रासायनिक असे दोन्ही प्रकारचे निष्कर्ष प्राप्त होतात. आ. १ मध्ये ओहायहो जखील मस्किगम वॉटरशेड कॉन्सर्व्हन्स जिल्ह्यातील (मास्किगम जलसिंचन,



आ. ६. प्रतिभाच चित्र

आ. २. मूलकृति

मोहॉक धरणाची शमन क्षेणी.

(मास्कहॅव्ज जलसंचन खंडर परगण्यातील) मोहॉक धरणजवळच्या शमन-कुंडाच्या प्रयोगशालेचे प्रतिमानाचे दृश्य दाखविले आहे. या शमनकुंडाची प्रवाहक्षमता पूर्णाकृतीतील २५००० से. फू. इतकी आहे २८ जानेवारी १९३७ रोजी आलब्या पुराचे बेझी पूर्णाकृतीतून २५००० से. फू. प्रवाह जात असल्याने आ. २ मध्ये दाखविले आहे. या दोन छाया चित्रांच्या १ - केस स्फुल आंफ ऑग्लाइड सायन्स येथे हायड्रॉलक्स आणि सॅनिटरी इंजिनियर्सचे प्राध्यापक आणि सिव्हिल इंजिनियरिंग या विभागाचे प्रमुख तुलनेबद्दल, पूर्णाकृतीतील प्रवाहस्थिती विषयी प्रतिमान चांचणीने कितपत अंदाज करता येतो याची दुरुबोध कना येते. लप

जाता आर्थिक सुसज्ज जलीय प्रयोग-क्षेत्रातील अशुभधी मोणसे कास करीत आहेत. या क्षेत्रातील नवस्वा माणसांकडून अनेक वेळा चुका होण्याची शक्यता असल्याने जलीय प्रतिमान चांचण्या केवळ अशाच (वर उल्लेख केल्याप्रमाणे सुसज्ज) प्रयोग साठांच्याकडे सोपविण्याचे धोरण असते.

२ - समरूपतेसाठी आवश्यक संपन्नान्यर सोष्टी —

जलीय प्रतिमानावरील चांचणीच्या निकषांचिर प्रत्यक्ष सरचमसाठी उपयोज करतावा जलीय समरूपतेच्या नाभी पुन्या होणे आवश्यक असते. जेन आर

फीमनने "हायड्रॉलिक लॅबोरेटरी पॅकिंग" या आपल्या पुस्तकात खालील व्याख्या दिल्या आहेत. "जलीय समरूपतेच्या सिद्धांताची थोडक्यात पण अंशतः अशी व्याख्या करता येईल की चारीतून वाहणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाचे वर्तन नियंत्रण ज्या चारीतून पाणी वाहतो त्या चारीचे सदभर्ति करणे शक्य झाल्यास (वाही मर्यादे पर्यंत) त्याच कारणामुळे लहान प्रमाणावरील प्रतिमानातील प्रवाह - वर्तमानाप्रमाणेच मोठ्या जलमार्गातील किंवा संरचनेतील प्रवाहाचे वर्तन असेल."

दोन प्रवाह व्यवस्था (पूर्णक्रिये प्रतिमानाचे वावरोत) सीमेवरील स्थिती आणि प्रवाह रेषांचे वावरोत जडत्व बला शिवाय भौतिक दृष्ट्या समरस असतील व दोन्ही समाजातील बले एकमेकांशी स्थायी गुणोत्तरात असतील तर गतिज-पणातही समरूप असतात. वाहणाऱ्या पाण्याच्या वावरोत विचार करता नेहमी खालील पैकी एक किंवा सर्व बले अस्तित्वात असू शकतात. (अ) गुरुत्वाकर्षण (ब) विष्यंदता (क) लवचिकता आणि (ड) पृष्ठतणाव - जलीय अनुरूपतेसाठी आवश्यक बावी वैजिक स्वरूपात अधिक मुलभूतने मांडता येतात. त्यात बसलेल्या अंशभूत घटकात व मापात (लांबी, वेग, वजन इ.) मांडली जातात. वैजिक समीकरण संक्षिप्त करून अगदी मुलभूत स्वरूपात मांडलो की त्यापासून समरूपतेच्या कसोट्या स्पष्ट पणे प्राप्त होतात.

३ - समरूपतेच्या कसोट्या -

या कसोट्या म्हणजे जी कोणती बले अस्तित्वात आहेत त्याप्रमाणे बले वापरून केलेली पण मापन मुख्य नसणारी गुणोत्तरे होत. मापनमुख्य नसल्याने विश्लेशणात वापरलेल्या मापनपद्धतीमुळे त्याचा केवळ बदल होत नाही. जर दोन्ही व्यवस्था गतिक दृष्टीने सरूप व्हावयाच्या असतील तर गुणोत्तराचे प्रत्येक व्यवस्थेतील केवळ मुख्य तेच असले पाहिजे. जलीय प्रयोग करणारे ज्यास्तीत जास्त फाऊंड अंक आणि रेनॉल्ड्स अंक ही मापन मुख्य नसलेली गुणोत्तरे खालील प्रमाणे वापरतात.

कार्यान्वितबल	मापनमुख्य विरहीत	नांव	सामान्य पदनाम
गुरुत्वाकर्षण	V^2	फाऊंड अंक	F
	$\frac{g L}{V^2}$		
विष्यंदता	$\frac{V L \rho}{\mu}$	रेनॉल्ड्स अंक	R
यात			

$V =$ वेग

$L =$ प्रवाहाशी संबंधित कोणतेही लांबीचे परिमाण
(व्यास, जलीय त्रिज्या, इत्यादी.) (L हा बहुदा
व्यास दाखविलो हे लक्षात घ्यावे. ज्या ठिकाणी
शीर्ष, लांबी, या सारखी इतर लांबीची संवधित
गुणक समतील तेथे अंकाचे मूल्य बदलेल)

$\rho =$ द्रवाची वस्तुमान घनता (Cw/g)

$60^\circ F$ (तपमानास पाण्यासाठी)

$\rho = 62.4/32.2 = 1.94$ प्रतिघनफूट-इन्डस

$\gamma =$ निश्चयदता गुणक — पाण्यासाठी

$60 F$ ला 0.0000136 पोंड सेकड/फू.^३

$\gamma =$ गतिक वेग $= V'/V$

$= 60^\circ F$ पाण्याकरता

$= 0.0000236/1.94$

$= 0.00001217$ ची. फू./से.

(

$\mu =$ गुरुत्वाकर्षणाचा प्रवेग

$= 32.2$ फू./से./से.

पृष्ठभागावरील समरूपतेच्या संदर्भातील सापेक्षमूल्य नसणारा
(dimentionless) गुणोत्तर अंक, बेकर अंक, व लवचिकतेच्या संदर्भात
‘कॉचीचा’ अंकास बेकर अंक, व लवचिकतेच्या संदर्भात ‘कॉचीचा’ अंक वापरतात
तथापि पृष्ठतणाव व लवचिकता यांचा जलीय प्रवाहावर होणारा परिणाम दुय्यम
दर्जाचा किंवा दुर्लक्ष करता येण्यासारखा असल्याने या गुरुत्वाकर्षण फक्त गुरुत्वाकर्षण
आणि निश्चयदता यांचाच विचार केला आहे. जर गुरुत्वाकर्षण व निश्चयदता या
दोघांचा प्रवाहावर परिणाम होतो असे मानले तर ज्यावेळी फ्राऊड अंक आणि
वेनॉल्डस अंक हे दोन्हीही प्रत्येक व्यवस्थेत सख्यामूल्यामध्ये समान असतील तर
दोन्ही व्यवस्था गतिज दृष्टीने समरूप असतील. इयवहार्य कारणांमुळे या दोन्ही
अटी एकाच वेळी पूर्ण करणे अशक्य होते म्हणून प्रवाही बलांच्या संदर्भातील
समरूपतांचे मुख्यत्वे विचारित घेतली जाई,

४ - द्रव प्रवाहाचे प्रकार -

अभिव्यत्याला तीन प्रकारच्या प्रवाहात विभेष्ट रस असतो. १ पविष्ट
(Laminar) प्रवाह; हा गुळगुळीत पृष्ठभागाच्या बळातून बाह्यारा अवर

कमी वेगाचा प्रवाह असतो. तसेच बालूकामय पदार्थातून वाहणाऱ्या प्रवाह मारकाही तो असतो. अशा वेळी L हा व्यास मानते आणि घर्षण वेगाच्या सरळ गुणोत्तरात आहे असे मानले तर R चे मूल्य २३०० पेक्षा ज्यास्त असते. (२) ज्या ठिकाणी R चे मूल्य २५०० पेक्षा जास्त असून घर्षण V^2 जी सरळ गुणोत्तर असते अशा उघड्या चारोतील अथवा आंबूड नळातील जास्त वेगच विशुद्ध प्रवाह (३) उघड्या चारोतीन वाहणारा बंदुकीच्या गोळीप्रमाणे वेगाने वाहणारा प्रवाह जेथे V चे मूल्य $\sqrt{2} \times$ खाला (याचाच अर्थकहा की ज्यावेळी विशिष्ट पाण्याची राशी किमान ऊर्जा राखून विशिष्ट वा क्रांतिक व्हालास वाहतो असा प्रवाह) पेक्षा जास्त असते. यापेकी () मध्ये विषयदत्ता बले अधिक प्रभावी असतात व गतिज दृष्टीने समरूपता येण्यास रेनॉल्ड्स अंक ही कसोटी असते. (२) आणि (३) मध्ये विषयदत्ता बलाचा दुर्लक्ष करण्याइतका कमी प्रभाव असतो आणि मृदुत्वाकषेण बल प्रभावी असल्याने येथे फाऊंड अंकाही कसोटी ठरते. प्रकरण ३ मध्ये नमूद कल्याप्रमाणे पृष्ठतणाव किंवा केशाकर्षण यांकडे वा चेचेंत दुर्लक्ष केले आहे. तीच गोष्ट लवचिकतेच्या बाबतीत खरी आहे. कारण बहुतेक प्रश्नात पाणी हे संयीडनक्षम नाही असे मानले जाते.

अमेरिकन जलमार्ग प्रायोगिक केंद्रात (U-S Waterways Experiment Station) असे दिसून आले की, नदीच्या प्रतिमानात विशुद्ध प्रवाह निश्चितपणे राईल वासाठी व्यवहार्य निकष हा की तेथे फु/सेकंदात वेग गुणिले खोली (फुटांमध्ये) $= 0.02$ किंवा अधिक ठेवणे—अर्थात बंदुकीच्या गोळीप्रमाणे उडणारा वेगवान प्रवाहसुद्धा प्रतिमानात निर्माण होऊ शकतो. हा प्रवाह निर्माण होऊ नये म्हणून पाळादेवाची कसोटी ही की हा वेग $\sqrt{2} \times$ खोली पेक्षा कमी ठेवणे. यामुळे ही खोली क्रांतिक खोलीपेक्षा ज्यास्त राईल अशी खात्री मिळेल.

५- फाऊंड अंकाचे महत्त्व -

बहुतेक जलीय प्रतिमानाचे अभ्यास हे विशुद्ध प्रवाहाशी संबंधीत असल्याने फाऊंड अंकामे विशेष महत्त्व आहे. जर घर्षणाच्या परिणामाविषयी योग्य ती सूट ठेवली आणि मुक्त पतनधाचारी 'ग्रहलघं' उडांस बल्यतीव झळड प्रवाह अंतर्ग्रहिक, नळातील व पेत स्टाक इ. मधील प्रवाह, यांच्या सर्वसाधारण मर्यादेतील अभ्यासामध्ये, पूर्णकृती प्रतिमान वासाठी एकच फाऊंड अंक ठेवल्यास, भ्रामक गतिज समरूपता दिसून येईल.

एकाद्या विशिष्ट उदाहरणात फाऊंड अंक ही समरूपतेची कसोटी आहे असे मानले की, लगेच त्यापुढची कृती म्हणजे पूर्णकृती आणि प्रतिमानाचे समजातीय यांच्यात पुढे उल्लेखिल्या प्रमाणे राक्षामध्ये निर्विवाद स्वसंबंध

प्रस्थापित करणे होय-समजा, $F_p, Q_p, A_p, R_p, S_p, L_p, D_p, N_p$, आणि इतर सामायिक चिन्हे पूर्णाकृतितील वेग, प्रस्त्राव, क्षेत्र, जलीय विज्या, लांबी, व्यास, खरबरीत पणाचा गुणक दर्शवितात आणि समजा की,

$V_m, G_m, A_m, R_m, S_m, L_m, D_m, n_m$, ही चिन्हे प्रतिमानासाठी संदर्भित पदे दर्शवितात. L हा गुणक पूर्णाकृती व प्रतिमान यांच्यातील प्रमाण (Scale ratio) गुणक आहे असे समजा. आता F (फ्राऊड अंक) जर प्रतिमान आणि पूर्णाकृतीसाठी एकच असेल तर खालील सहसंबंध लगेच साधता येतात.

$$F = \frac{V^2}{gL_p} = \frac{V_m^2}{gL_m}, V_p = V \left(\frac{L_p}{L_m} \right) = V_m L^{\frac{1}{2}}$$

आणि तसेच $= A_p = A_m (L_p)^2$ आणि

$$\text{म्हणून } Q_p = Q_m L_p^{\frac{3}{2}}$$

याच पद्धतीने इतर सहसंबंधही खालील तक्त्यात मांडले आहेत.

गुरुत्वाकर्षण बलाच्या संदर्भात गतिज दृष्टीने समरूपता असेल तर होणारी लांबीचा परिमाण (शीर्ष, जलीय विज्या, व्यास, लांबी, रुंदी, खोली): इ.

$$\text{लांबी } L_p = L_m (L_r)$$

$$\text{काल } T_p = T_m (L_r)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{वेग } V_p = V_m (L_r)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{क्षेत्रफळ } = A_p = A_m (L_r)^2$$

$$\text{प्रस्त्राव } Q_p = Q_m (L_r)^{\frac{3}{2}}$$

$$\text{उतार, प्रवेग, स्थायी गुणक}$$

$$C_p = C_m (L_r)^0$$

$$\text{अक्ती } P_p = P_m (L_r)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{कार्य } E_p = E_m (L_r)^4$$

६- रेनॉल्ड्स अंकाचे महत्व

जर प्रवाहाचा दर्जा असा असेल की, ज्यावेळी समरूपतेची कसोटी रेनॉल्ड्स अंक असते (स्तरीय प्रवाह किंवा कणमय पदार्थातील प्रवाहासारखा) तेव्हा संबंधित राशीमध्ये फ्राऊड अंकाच्या बाबतीत असतात त्यापेक्षा वेगळे पण त्याच पद्धतीने साधता येणारे इतर निषिद्ध सहसंबंध प्रभावी असतात - बहुधा जलीय प्रयोगकर्ता रेनॉल्ड्स अंकाचा उपयोग जास्तीत जास्त विक्षुब्ध प्रवाह असणाऱ्या प्रतिमान चांचण्यामध्ये L हा व्यास समजून प्रतिमानासाठी R चे मूल्य २५०० पेक्षा जास्त राहावे यासाठी करतो.

७- प्रतिमान चांचण्यामध्ये खरबरीतपणाचा गुणक :-

नदीमध्ये असतो त्याप्रमाणे चारीच्या खरबरीतपणाचा प्रभाव ज्या ठिकाणी ज्यास्त असतो त्या ठिकाणी पूर्णाकृतीशी प्रतिमान गतीज दृष्ट्या समरूप व्हावे

म्हणून लागणारा खरबरीतपणा गुणक ठरविणे आवश्यक असते, कुटर, बेसीन, किंवा मॅनिंग यांसारख्या सुविख्यात जलीय सूत्रांच्या साहाय्याने सहसा खरबरीतपणाची गुणोत्तरे काढली जातात.

$$\underline{V = 1.486 R^{2/3} S^{1/2}} \text{ हे मॅनिंगचे सूत्र वापरून आणि पूर्णांकित करून}$$

प्रतिमान यांचे उतार एकच ठेवल्यास

$$Sp = Sm = \frac{V_d^2 n_p^2}{1.486^2 R p^{4/3}} = \frac{V_m^2 n_m^2}{1.486^2 R m^{4/3}} \text{ येते—}$$

म्हणजे कढून आणि काही पदे घालवून (eliminating)

$$\left(\frac{Nm}{Np} \right)^2 = \left(\frac{Vp}{Vm} \right)^2 \left(\frac{Rm}{Rp} \right)^2 =$$

$$\left[Lr^{1/2} \right]^2 \left(\frac{1}{Lr} \right)^{1/3} = \left(\frac{1}{Lr} \right)^{1/3} \text{ येते}$$

$$\text{म्हणून } Nm = Np \left(\frac{1}{Lr} \right)^{1/6}$$

येथे Nm हा प्रतिमासाचा खरबरीतपणा गुणांक, आणि Lr हे प्रमाण गुणोत्तर असतात.

८ - जलीय समरूपतेची उदाहरणे :-

उ. १ ले - २० फूट व्यासाच्या गोल नळातून दर सेकंदास १० फूट वेगाने प्रवाह वाहात आहे प्रतिमान नळात विक्षुब्ध प्रवाह राहावा म्हणून सीमान्त प्रमाण-गुणोत्तर किती असावे ?

रेनॉल्ड्स अंक २५०० पेक्षा ज्यास्त असला पाहिजे. D हा व्यास मानून R आणि Lr हे प्रमाण गुणोत्तर मानल्यास

$$R = \frac{Vp Dp p}{\mu} = \frac{Vm Dm p}{\mu}$$

$$Vm Vp \left(\frac{1}{Lr} \right)^{1/2} = 10 \left(\frac{1}{Lr} \right)^{1/2}$$

$$Dm = Dr \left(\frac{1}{Lr} \right)$$

$$\mu = \text{वस्तुमान घनता} = १.९४ \text{ स्लग/घ. फू.}$$

$$\mu = \text{निष्पंदता गुणक} = ०.०००० २३६$$

(६० OF पाण्यासाठी)

$$R = २५०० \text{ वर निर्देशित केल्याप्रमाणे.}$$

आपल समीकरणात ही मूल्ये वापरून

$$2500 = 90 \left(\frac{9}{L_r} \right)^{3/2} \times 20 \left(\frac{9}{L_r} \right) \times 9.84$$

$$\therefore L_r = 349.$$

आपल समीकरणानेचे प्रतिमानचित्र प्रत्यक्ष निरीक्षणाच्या दृष्टीने फारच लहान होते. आपण आण प्रतिमान-चित्रात खळखळणारा प्रवाह निर्माण करावयाचा असतो तर एखादे व्यवहार्य स्केल वापरावे लागेल.

उदाहरण २ चे उदाहरण १ मध्ये प्रतिमानचित्र १ : २० या प्रमाणात तयार केले आहे असे धरले आहे. आदिरूपांत नलिका काँक्रीटची असून तिचा 'कुटरगुणांक' $n = 0.014$ आहे. अशा परिस्थितीत तुल्य दृष्टीकोनात कापरीनक्षणा आणि दर कुटाम होणारा शक्तीचा न्हास या करतां मॉडी किती गुळगुळीत असावी?

प्रतिमान-चित्र वाचणीतील सक्षता गुणासंबंधीच्या परिच्छेदाच्या संदर्भात

$$n_m = n_p \left(\frac{9}{L_r} \right)^{3/8} = 0.014 \left(\frac{9}{20} \right)^{3/8} = \frac{0.014}{9.64} = 0.0019$$

उदाहरण ३ चे नदीची खोली ३६ फूट आहे आणि द्रवीय त्रिज्या ३० फूट आहे. प्रवाहाचा सरासरी वेग दर सेकंदास ५ फूट आहे. (D हा व्यास धरून) प्रतिमान चित्रांत खळखळणारा प्रवाह निर्माण होण्यासाठी, जर २५०० पेक्षा रेनॉल्ड अंक जास्त होवा असेल तर स्केल कमीत कमी किती असावे?

उदा. १ प्रमाणे $R = \frac{V_p D_p \rho}{\mu} = \frac{V_m D_m \rho}{\mu}$, जेथे R २५०० पेक्षा कमी असता कामा नये.

या सूत्रात R चे २५०० हे मूल्य नळीच्या व्यासावर आधारित केलेले असते. व्यासामुळेच सूत्रात, जर, द्रवीय त्रिज्या $= D/8$ धरली तर R च्या मूल्यासही ४ ने भागावे लागेल आणि तो भागाकार ६२५ येईल.

$$R = \frac{V_p R_p \rho}{\mu} = \frac{V_m R_m \rho}{\mu}$$

ज्यात R_p , R_m , या आदिरूप आणि प्रतिमान चित्रांतील द्रवीय विज्या आहेत.
 L_r हे स्केल गुणोत्तर धरून

$$V_m = V_p \left(\frac{q}{L_r} \right)^{3/2} = 1.0 \left(\frac{q}{L_r} \right)^{3/2} \quad \text{आणि}$$

$$R_m = R_p \left(\frac{q}{L_r} \right) = 30 \left(\frac{q}{L_r} \right)$$

$$P = \text{वस्तुघनता } 60^\circ \text{ फॅ. पाण्याकरिता } \frac{62.4}{32.2}$$

$$q = 9.94 \text{ स्लरज असते}$$

$$\mu = \text{विष्यद्वंता गुणांक; } 60^\circ \text{ फॅ. पाण्याकरिता}$$

$$0.0000236 \text{ असतो.}$$

$$R = 62.4 \text{ वरीलप्रमाणे.}$$

वरील समीकरणात हीं मूल्ये वापरून,

$$62.4 = \frac{1.0 \left(\frac{q}{L_r} \right)^{3/2} \times 30 \left(\frac{q}{L_r} \right) \times 9.94}{0.0000236}$$

$$L_r = 330.$$

उदाहरण ४ थे प्रक्षेपित प्रवाह असलेल्या एका उघड्या चौकोनी नलिकेन
 जलोच्छाल निर्माण करावयाचा आहे. नलिकेची रुंदी १०
 फूट, उच्छालाच्या आधीची खोली २० फूट आणि प्रवाहगति दर सेकंदास
 ४० फूट आहे.

जलोच्छालाचे सूत्र

$$D_2 = \sqrt{\frac{2V_1^2 D_1}{g} + \frac{D_1^2}{4} - \frac{D_1}{2}}$$

ज्यात D_1 आणि V_1 या उच्छालाच्या आधीची खोली आणि वेग दाखवितात आणि
 ही नंतरची खोली आहे. या सर्व मूल्यात फक्त गुरुत्वाकर्षणात्मक शक्तीचाच
 आधार घेतला आहे. अनुसूपतेसाठी फाउड अंक वापरून १ : १६ या प्रमाणांत
 तयार केलेल्या प्रतिमानचित्रांतील जलोच्छालाची काय वैशिष्ट्ये दिसून येतील ?
 वरील सूत्रावरून,

$$D_2 = १३.१ \text{ फूट. } Q = १० \times २ \times ४० = ८०० \text{ से. फूट.}$$

$$V = \frac{V_1^3}{4D_1} = \frac{४०^3}{32.2 \times 2.0} = २४.८$$

आता हेच प्रमाण प्रतिमान चित्रासही लागू असल्याने

$$F = \frac{\left[४० \left(\frac{१}{L_r} \right)^{१/२} \right]^2}{32.2 \times 2 \left(\frac{१}{L_r} \right)} = २४.८$$

येथे L_r हा स्थूल गुणांतर आहे.

१४७.१०० फीट केलेल्या संबंधानुसार प्रतिमानचित्रांत खालील माप अनादी

$$D_1 = २.० \left(\frac{१}{L_r} \right) = \frac{२}{१६} = ०.१२५ \text{ फूट.}$$

$$V_1 = ४० \left(\frac{१}{L_r} \right)^{१/२} = ४० \left(\frac{१}{१६} \right)^{१/२} = १० \text{ फू. दर सेकंद.}$$

$$Q = ८०० \left(\frac{१}{L_r} \right)^{५/२} = ८०० \left(\frac{१}{१६} \right)^{५/२} = ०.७८१ \text{ सेकंद फूट.}$$

$$D_2 = १३.१ \left(\frac{१}{L_r} \right) = १३.१ \left(\frac{१}{१६} \right) = ०.८२ \text{ फूट.}$$

या अनुपातां प्रतिमानचित्रातील D_1 आणि वेग यांची मूल्ये जर जलोच्छाल मूलात बापरली तर D_2 चे मूल्य ०.८२ फूट येईल आणि यावरून अनुरूपतेची खात्री करून घेता येईल.

उदाहरण ५ वे ओजीच्या आकाराचा छेद असलेले काँक्रीटचे धरण २२ फूट उंच आहे. त्याच्या पायथ्याची रुंदी २४ फूट असून त्याच्या डाक्यावर लांबी ४२ फूट आहे. १ : १० या प्रमाणात त्याचे प्रतिमान-चित्र तयार केले आहे. आणि निरीक्षण केल्यावर त्यातील भागांची मापे खालील-प्रमाणे आढळून आली.

प्रतिमान चित्राची उंची	= २.२ फूट.
त्याचे डोक्यावरील जलशीर्ष	= ०.४६७ फूट.
त्याचे डोक्याची लांबी	= ४.२ फूट.
त्यांतील निरीक्षित प्रस्नाव	= ५.२५ से. फूट.
कुंडीवरील नॅपची नाडी	= ०.११७ फूट.

$$\text{यावरून कुंडीवरील प्रवाहाचा वेग} = \frac{५.२५}{४.२ \times ०.११७} = १०.६८ \text{ फूट से.}$$

अशा स्थितीत आदिरूपांत, कुंडीतील प्रवाहाचा प्रस्नाव, शीर्ष, खोली आणि वेग किती असेल ?

$$\text{प्रस्नाव} = Q_p = Q_m (L_r)^{5/2} = ५.२५ (१०)^{5/2} = १६६० \text{ से. फू.}$$

$$\text{शीर्ष} = H_p = H_m (L_r) = ०.४६७ \times (१०) = ४.६७$$

कुंडीवरील पाण्याची

$$\text{खोली} = D_p = D_m (L_r) = ०.११७ (१०) = १.१७ \text{ फू.}$$

कुंडीतील प्रवाहाचा

$$\text{वेग} = V_p = V_m (L_r)^{3/2} = १०.६८ \times (१०)^{3/2} = ३३.७७ \text{ द. से. स. फू.}$$

वरील राशींच्याकरिता ताळा म्हणून

$$\begin{aligned} \text{आदिरूपांत} \quad Q_p &= CLH^{3/2} = ३.९२ \times ४२ \times ४.६७^{3/2} = १६६० \text{ से. फू.} \\ &= १.१७ \times ४२ \times ३३.७७ = १६६० \text{ से. फू.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{प्रतिमानचित्रात} \quad Q_m &= CLH^{3/2} = ३.९२ \times ४.२ \times ०.४६७^{3/2} = ५.२५ \text{ से. फू.} \\ &= ०.११७ \times ४.२ \times १०.६८ = ५.२५ \text{ से. फू.} \end{aligned}$$

१. ग्रंथसूचि

जॉन. आर. फ्रीमन, "हायड्रॉलिक लॅबोरेटरी प्रॅक्टीस", अमे. सो. मेक. इंजिनियर्स नी संपादित केलेले.

एछ. डी. व्होगेल, "प्रॅक्टिकल रिक्हर लॅबोरेटरी हायड्रॉलिकस", ट्रॅन्स. अॅम्. सोसा. सि. इं. खं. १००, १९३५, पान ११८.

- डी. ब्लेथिफ, "हायड्रॉलिक लैबोरेटरी रिजल्ट्स एंड देअर क्वेरिफिकेशन्स
" विचर", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खं. १०१, १९३६, पान ५९७.
- डॉ. जे. जी. जोन्स, "कन्स्ट्रक्शन एंड टेस्टिंग ऑफ हायड्रॉलिक
मैकिंगम वॉटरशेड प्रोजेक्ट", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खं. १०३,
पा. २२७.
- डॉ. रैंडॉल्फ, "हायड्रॉलिक टेस्टस ऑन स्पिलवे ऑफ दि मॅडन डॅम",
ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खं. १०३, १९३७, पा. १०८०.
- डॉ. ए. ए. शोट, "थिअरी ऑफ सिमिलैरिटी एंड मॉडेलस", ट्रॅन्स. अमे.
सो. सि. इं. खं. ९६, १९३२, पा. २७३.
- डॉ. ए. ए. शेफ़ि आणि ए. ई. Matzke, "दि हायड्रॉलिक जंप इन टर्म्स ऑफ
सिमिलैरिटी", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खं. १०१, १९३६,
पा. १०८०.
- डॉ. ए. ए. गिल आणि जे. पी. डीन, "जॉमेट्रिक वर्सस हायड्रॉलिक सिमि-
लैरिटी", सि. इं. ऑगस्ट १९३२, पा. ४६७.
- डॉ. ए. ए. "ऑनलिटिकल अप्रोच टू एक्सपेरिमेंटल हायड्रॉलिक्स", सि. इं.
ऑगस्ट १९३४, पान ५६३.
- डॉ. ए. ए. Mc Conaughy "बोल्डर डॅम स्पिलवेज" इंजनिअरिंग न्यूज रेकार्ड.
ऑगस्ट १९३५, पा. ४८०.
- डॉ. ए. ए. पीटर आणि हेनरी फाउरे "बोल्डर डॅम स्पिलवेज" इंज. न्यूज रेकार्ड.
ऑगस्ट २५, १९३४, पा. ५२०.
- डॉ. ए. ए. वॉल्ह्वेल्स "बोनेव्हिल स्कावर प्रिव्हेंशन स्टडी वाय मॉडेल" इंज. न्यू.
जुलै १९३४, पा. ६१.
- डॉ. ए. ए. हागिन आणि ई. एफ. गिब्स "सिमिलैरिटी एंड इट्स अप्लिकेशन्स टू
बोल्डर डॅम ऑफ फ्लुइड फ्लो" कांक्रिट एंड कन्स्ट्रक्शन इंजनिअरिंग, खं. ३१,
जुलै १९३६, पा. ३८५.
- डॉ. ए. ए. गिब्स, "युज ऑफ मॉडेलस इन हायड्रॉलिक इंजनिअरिंग", ट्रॅन्स. इन्स्ट.
वॉटर इंज. खं. ३९, १९३४, पा. १७२.
- डॉ. ए. ए. स्टॅन्ले, "स्टडी ऑफ स्टिलिंग बेसिन डिजाईन", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि.
इं. खं. ९९, १९३४, पा. ४९०.
- डॉ. ए. ए. बकिंगहॅम, "मॉडेलस एक्सपेरिमेंट्स ऑन दि फॉर्म ऑफ एपिरिकल इक्वेशन्स",
ट्रॅन्स. अमे. सो. मेक. इं. खं. ३७, १९२५, पा. २६३.
- अमे. सो. सि. इं. मॅन्युअल्स ऑफ इंजनिअरिंग प्रवटीस नं. २५, "हायड्रॉलिक
मॉडेलस."
- सी. व्ही. डेव्हिस, हंडबुक ऑफ अप्पाईड हायड्रॉलिक्स, मॅक. ग्रॉ-हिल बुक कं.

प्रकरण ५ वे

पूरांचे मवाह

१. पुरांचे उच्चांक

सामान्य विचार :—

धरण सुरक्षित रहावे म्हणून उत्प्लवमार्गाची कार्यक्षमता काय असावी हे केवळ शास्त्रीय ज्ञानाचा उपयोग करून निश्चित करता येत नाही. या बाबी अन्वेषणाच्या अनेक पद्धती मुखविषयात आल्या आहेत आणि वापरण्यातही येत आहेत. परंतु, अशी कोणतीही एक पद्धति अजून उपलब्ध झालेली नाही ही उत्प्लवमार्गाची लागणारी क्षमता किनचूक ठरविण्याकरिता तिचा उपयोग करता येईल. याकरिता नदीच्या पूरक्षमतेचे निरनिराळ्या पद्धतींनी विश्लेषण करून आणि उपलब्ध असलेल्या माहितीचा जाणतेपणाने अभ्यास करून त्या आधारावर ही क्षमता निश्चित केली पाहिजे. अर्थात् जो स्वापत्यशास्त्रज्ञ पुरा या घटनेत अंतर्भूत असलेल्या तत्वांसंबंधी माहितगार असतो त्याने केलेल्या तात्काळ-शील निर्णयावरच जेवढी ही क्षमता ठरवावी लागते.

पूरनिर्मितीच्या लक्षणांच्या संपूर्ण माहितीसाठी लागणारी सर्व आधारशाखी उपलब्ध होण्यासाठी पुरेशा वर्षांतील पूरमापन झालेला एकही नाला युनायटेड स्टेटमध्ये नाही हे यथाक्रम दाखविण्यात येईलच. यामुळे दुसऱ्या नाल्यात काय घडले या माहितीवरच आपण अवलंबून राहिले पाहिजे.

जेथे जलाशयाच्या अनुपस्थितीत पुराची तीव्रता कमी होण्याची शक्यता नसते तेथे पूरप्रवाहाचा जास्तीत जास्त वेग किती असेल याची चिकित्सा करणे जहरील असते. आणि अशा वेळी पुरात एकूण पाणी किती येईल याचा विचार करावा लागला तरी ती बाब क्वचितच महत्त्वाची ठरते. पण जर आयोजित बंधान्याच्या बरील बाजूस पूरनियंत्रण कुंड म्हणून एकादा जलाशय अस्तित्वात असेल किंवा एखाद्या तलावाच्या अगर विद्युत्-निर्मिती-बंधान्याच्या सांडव्याच्या वरच्या बाजूस पाण्याचा साठा बराच होऊ शकेल अशी परिस्थिती असेल आणि पुढे वर्णन केल्याप्रमाणे जर त्यामुळे पूरपरिस्थिती सौम्य होईल आणि तीव्रतम प्रस्नावांत बरीच घट येईल, तर मात्र पुराच्या वेळी, पाण्याच्या एकूण

राशीच्या वीरावर प्रवाहा इतकेच महत्त्व द्यावे लागेल; किंबहुना बऱ्याच वेळा, अशा प्रवाहाविषयी जास्तच महत्त्व द्यावे लागेल. आणि त्या परिस्थितीत जला-लेखाच्या आकाराखाही महत्त्व द्यावे लागेल.

जरी अत्युच्च जलप्रस्फाव आणि त्याची एकूण राशी यांच्यावर सारख्याच घटकांचे प्रारंभिक होत असले आणि त्यामुळे ते एकमेकांशी निश्चितपणे संबंधित असले तरी त्यांचा अंदाज घेण्याकरिता वापरण्यात येणाऱ्या पद्धतीत मूलगामी फरक असतो. स्वाभाविकच, या विषयाचे दोन विभाग पडतात. या प्रकरणाच्या पहिल्या भागात अत्युच्च प्रवाहाची चर्चा करण्यात येईल आणि प्रवाहाची एकूण राशी व जलालेखाचा आकार यांमधील चर्चा दुसऱ्या भागात करण्यात येईल.

२. अत्युच्च प्रवाह (Peak Flows)

सामान्य विचार :—

एकाद्या प्रदेशातील प्रातिनिधिक स्वरूपाच्या परिमरांतील विभागात जे जास्तीत जास्त पुर आलेले असतात त्यांचे अन्वेषण करून तेथील नाल्यांतील संभाव्य अत्युच्च पुराच्या अभ्यासाची तर्कशुद्ध अशी मुक्तात करता येते आणि त्यावरून प्रारंभिक पुराव्याला आधार मिळतो. अवेळीं आयोजित नाल्याच्या पुरात असणारी लक्षणे ही जास्तीत जास्ती जात असलेल्या पुराच्या लक्षणांशी जुळणारी आहेत असे गृहीत धरण्यात येते. जोपर्यंत ही धारणा बरोबर नसल्याचा पुरावा पुढे येत नाही तोपर्यंत या धारणेने बदल करण्यात येणार नाही. अर्थात उच्चांकांच्या भयंकर पुरात दिसून येणाऱ्या लक्षणांविषयी अधिक पुरलक्षणे पुराव्यावरून दिसून येण्याची शक्यता असते. ह्या पुराव्याचे अन्वेषण करण्यात यावे. त्यांत खालील बाबींचा अंतर्भाव असतो :—

- (१) अत्युच्च पुर आलेल्या नाल्यांतील भौतिक लक्षणांची नदीतील लक्षणांशी तुलना. (अ. ४)
- (२) जास्तीत जास्त पुर आलेल्या नाल्यांतील भिन्नता-गुणांकांची नदीतील भिन्नता-गुणांकांशी तुलना. (अ. ७)
- (३) पूर्वीच्या पुरांच्या वेळच्या जागेवरील प्रत्यक्ष खुणा (अ. ८)
- (४) क्षणिक बादळाच्या मध्यबिंदूपासून परिणामी जलालेखाच्या उच्च बिंदूपर्यंतच्या "लॅग" अगर वेळेची तुलना. (अ. २६)

३. जात असलेले अत्युच्च पूर

प्रदेशाच्या कोणत्याही भागांतील अत्युच्च पुरांचा अभ्यास करण्याकरिता सारणी क्र. १ उपयोगी पडेल. या सारणीत युनायटेड स्टेट्स आणि इनर ईश्यातील अशामान्य पुरांची माहिती जर्बिहस^१ आणि क्रीगर^२ यांनी तयार केलेल्या मूळ सारणीवरून घेऊन ती नोव्हेंबर १९४१ पर्यंत अद्यावत् करण्यात आली आहे. प्रत्येक प्रांतातील अन्वालोपी वक्र (Enveloping Curve) निश्चित करण्याकरिता ज्या पुरांच्या माहितीची जरूरी असते अशाच पुरांची माहिती या सारणीत समाविष्ट केली आहे. एखाद्या नदीवर बरेच मोठे पूर येऊन तो असले पण त्याच नदीवर जर जवळच्या ठिकाणी व्याहीपेक्षा जास्त पुरांची माहिती मिळाली तर त्या मोठ्या पुरांची माहिती या यादीतून वगळण्यात आली आहे.

सारणी क्र. १ मधील समीकरण ४ आणि ४a मधील ज्या पुरांच्या C चे मूल्य ३० पेक्षा जास्त आहे असेच पूर आ. १ मध्ये आलेखित केले आहेत. या माहिती क्षणिक अत्युच्च प्रवाह स्वरूपात तयार केली आहे. काही पुरांचे वावर्तीत मूळ पत्रकांत २४ तासांतील सरासरी पुरांची माहिती प्रसिद्ध करण्यात आली होती. असे पूर फुलमच्या^३ समीकरणाने क्षणिक पुरात समायोजित केले आहेत.

$$Q=Q_1 (1+2A^{-0.3}) \dots \dots (१)$$

Q_1 =दर सेकंदास घनफुटाने २४ तासात नोंदलेला सरासरी पूर.

Q =तत्सम अत्युच्च क्षणिक प्रवाह.

A =चौ. मैल. निसारण क्षेत्र.

अर्थातच हे समीकरण, फार थोड्या निरीक्षणावर आधारलेले, असल्याने अंदाजी स्वरूपाचे आहे. तथापी केवळ हे एकच समीकरण आपणास उपलब्ध आहे आणि ते विस्तृत प्रमाणात वापरण्यातही येत आहे. पृष्ठ क्र. १७ ने १९३, अ. ६५ च्या परिच्छेद २६ मध्ये एक तक्ता दिला आहे. त्यात अत्युच्च क्षणिक प्रवाहांचे, निवेदित केलेल्या जास्तीत जास्त "कॅलेंडर" दिनात आलेल्या

तळदीप १ सी. एस. जर्बिहस "फ्लड फ्लो कॅरेक्टरेस्टिक्स" ई. अ. सो. सि. इ. १९२६, पा. १८५ याकरता डब्ल्यू. एस. सॅसेन्डोहर आणि आर. एस. गुड्रिज यांनी सहाय्य केले.

२ डब्ल्यू. पी. क्रीगर आणि जे. डी. "जस्टीन हायड्रोइलेक्ट्रीक हॅंड बुक", जॉन वायली अड-सन्स १९२७.

३ डब्ल्यू. इ. फुलर "फ्लड फ्लोज" ई. अ. सो. सि. इ. १९१४, पा. ५६४.

पूराचे पुराचे आणि ६१.० पुराकरिता २४ तामांतील ज्ञास्तीत जास्त सरासरी जास्त निरनिराळी आहे. या लेखान असे निरनिराळी आहे की अवधी थोडा असल्याने यावरून काही निर्णय घेईवात काढता आले नाहीत. यावरून काढलेले गुणांतयही वरचेसे अनियत आहे. आणि ते वाढल्याच्या अवस्थेवर आणि निरनिराळी पुराच्या पाणलोटाने पाण्याच्या साठ्यावर आणि इतर बाबीवरही अवलंबून होते असे आढळून आले आहे.

पूराचे माहिती केवळ सूर्यग्रहण अशा तर्कावर आधारलेली आहे असे काही विद्वान् मानतात. प. १ मध्ये आरेखित केलेला चिह्नून वसळण्यात आले आहेत. या पुराचा क. १ मध्ये $\frac{1}{4}$ या चिन्हांने दाखविले आहेत. असे पुरा पूर्वीच्या पुराच्या आधारे होते म्हणूनच केवळ ते यादीत समाविष्ट केले आहेत.

विशेषतः निःसारण क्षेत्रातील अधिकतम पुराचे परिमाण जेव्हा माहीत असते तेव्हा ते निःसारण क्षेत्रातील समान हवामान परिस्थितीत—जसे जगात सर्वांतरीक दुसऱ्या जागी अगर दुसऱ्या नदीवर—अधिकतम पुरा अंदाजे यादीत असा शक्य होई जाणण्याची इच्छा होते.

इतर परिस्थिती नीच असतात, जेव्हा निःसारणक्षेत्र मोठे असते तेव्हा तेथे येणाऱ्या पुराचा सरासरी क्षेत्रातील पुराचे प्रमाणही कमी असते हे उघड आहे. याबाबतीत खालील समीकरण सरसहा वापरण्यात येते :—

$$Q = C^1 A^n \quad (२)$$

$$\text{किंवा तत्सम} \quad q = C^1 A^{n-1} \quad (२ \text{ अ})$$

येथे Q = सेकंद फुटात पुराचे मान.

q = दर चौ. मै. मध्ये येणाऱ्या पुराचे से. फु.त मान.

A = चौ. मै. निःसारण क्षेत्र.

n = एकापेक्षा लहान असा घातांक.

C^1 = निःसारणक्षेत्रातील लक्षणावर अवलंबून असलेला गुणांक.

n ची निरनिराळी अधिकृत मूल्ये ०.३ ते ०.८ पर्यंत वापरण्यात येतात १९१३ साली मिळालेल्या माहितीवरून फुल्लरता n चे मूल्य ०.८ असल्याचे आढळून आले (अ. ६५ परि. ४५); काही काळांतराने १९२६ मध्ये मिळविलेल्या माहितीवरून n चे मूल्य ०.५ असल्याचे (अ. ६५ परि. ३९)

तक्ता क्र. १

युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यांतील अधिकतम पूर

सी. एस. जव्हिस व बुइल्यम पी क्रीगर यांनी तयार केलेला

* तारांकित केलेल्या नोंदी (पुरा) पर्यंत वाढविले आहेत.

† सुचाने दर्शविलेल्या नोंदी (मूळ लेख पहा) निवधि (unqualified) आहेत आणि त्या आ. १ मध्ये रेखांकित केलेल्या नोंदीत.

() कंसातील नोंदी अंदाजी अगर अनौपचारिक असल्याची माहिती आहे.

क्र. क्र.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. से. फू.	पूराची तारीख	आधार
१	अलबामा :					
२	टेनेसी नदी—प्लॉरेन्स	३०,८००	४४४,०००	१४.४	मार्च १८९७	१३२
३	टेनेसी नदी—डिकटूर	२६,३००	२८३,०००	१०.८	जाने. १८९२	१४२
४	अल्बामा नदी—सेल्मा	१५,४००	१४६,०००	९.५	जुलै १९१६	९९
५	कसा नदी, चिल्डस्वर्ग	८,३००	१५०,०००	१७.९	जुलै १९००	१५५
६	ब्लॅक वॉरिअर, टस्कॅलूसा	४,८३०	२१५,०००	४४.६	ए. १८, डिसें. १९०१	७२
७	टॅल्लापूसा, मिस्सिपी	३,८४०	७०,०००	१८.२	मार्च १९०६	६९
८	टॅल्लापूसा, स्टॅन्डॉर्ट	२,५००	५९,०००	२३.६	मार्च १९०२	१४२
९	एल्क, रॉजर्सव्हिल	२,१००	६१,०००	२९.४	मार्च १९०२	१३०
१०	ब्लॅक वॉरिअर, कॉर्डोव्हा	१,९००	५७,०००	३०.०	मार्च १९०२	१४२
	एल्क न., एल्कमॉंट	१,७००	५१,४००	३०.४		

तक्ता क्र. १-बालु
युनायटेड स्टेट्स वंशजानील न्यायानिक असोधारण अधिवक्तम पुर.

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	अल निःसारण क्षेत्र बी. सी.	पुर. से. फु.	पुर. वर ची. सी. स. से. फु.	पुरावी तारीख	आधार
११	कॉनिक न. ब्रॅटले	५०४	१५,६००	३१.०	ऑ. १९, १९३९	१९१
१२	चौक्कोलोक्कोकी. जेनीफर	२७२	११,८००	४३		६९
१३	कॉप ब्रॅच, एन्सेले-	७.४	५१०	६९	१९०९	११
१४	व्हेनिमन ब्रॅच, मुल्गाजवळ	३.९	२०७	५३		११
१५						
१६						
१७						
१८						
१९	अँरिओना :					
२०	कोलोरेडो न. गिला निलाच्या संगमा खाली	२२५,०००	२३६,०००	१.०५	ऑ. १९, १९१६	१९९
२१	जिला न. युमा	५६,०००	२२०,०००	३.९३	ऑ. १९, १९१६	७५
२२	जिला फ्लोरन्स	१७,७५०	१३३,०००	७.५	१८९१	७२
२३	सॉल्ट न., फोनेक्सच्या खाली	१२,०००	२९६,०००	२४.७	१८९१	७२
२४	सॉल्ट न., मॅक डोविल	६,२६०	१३८,०००	२२.०	१८९३	६९
२५	वर्ड न. मॅक डोविल	६,०००	१६६,०००*	२७.६	१८९३	७२
२६	सॉल्ट न., हस्वेट	५,७५६	२०७,०००	३६.०	१८९३	७२
२६	सेन् पेड्रो न. मॅसथ जवळ	३,८५०	९०,०००	२३.४	१९२६	१६७

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व देशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. म से. फू.	पूराची तारीख	आधार
२७	संत पेट्रोन., चार्ल्स्टन	१,४८०	९८,०००	६६.३	मे. २८, १९२६	१६७
२८	कॅनिऑन डायब्लो, ल्यून	५४४	४४,६००	८२	मे. १९२३	७४
२९	ट्रॉक्स कॅनिऑन, फिस्मनव्या पूर्व	४५०	४९,५००	११०	मे. १८९४	२
३०	कॅनिऑन डायब्लो, आवे म्रिज	३४०	३५,४००	१०४	मे. १९२३	७४
३१	सीनोडा क्री. पॅटगोनिया जवळ	२१०	२०,०००	९५.४	ऑग. १९३४	१६७
३२	चेत क्री., फोनिक्सजवळ	२००	२५,०००	१२५	ऑगस्ट १९२१	९१
३३	पायनल क्री., ग्लोव	३०	१३,२००	४४०	ऑगस्ट १९०४	९१
३४	चेज क्री., जिला नदीची	२०	१२,९४०	६४७	डिसें. १९०६	९१
३५						
३६						
३७						
३८						
३९						
४०	आर्कात्सास मिजिसिपी न., आर्कात्सास जंक्शन-च्यावर	१,००,०००				

तकला क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व देशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फु.	पूर दर चौ. मै. स. से. फु.	पूराची तारीख	आधार
५७	यूबा न. स्मार्ट व्हिल	१,२०१	१२०,०००	११. १	मार्च २६ १९२८	१७१
५८	लॉस एंजेलिस न. लाग वीच	१,०६०	८०,०००	७५	मार्च २ १९३८	१६२
५९	सॅटा ओना न., मेन्टोन	८८५	१००,०००	११८	मार्च २, १९३८	१९८
६०	पूटा क्री. विटर्स	६५५	६०,०००	११. ६	डिसें. १९१३	७०
६१	अमेरिकन न., मिडल फॉ. पूर्व ऑबर्न जवळ	६१३	१००,०००	१६२	मार्च २५ १९२८	१७१
६२	स्मिथ न. क्रेसेंट शहराजवळ	६१३	६१,७००	१०१	मार्च १८ १९३२	१७१
६३	मॅकब्राऊन न., ग्रेगराजवळ	६०८	५३,७००*	८८. ३	मार्च १९०४	६९
६४	सेन् लुईस रेन., ओशन साईड	५६५	१५,५००	१६९	जाने. १९१६	६६
६५	लॉस एंजेलिस न., डेटन ऑव्हेन्यू	५१०	६८,०००	१३३	मार्च २, १९३८	१८०
६६	सेन् लुई रे. न., वॉन्सल	४६५	१२८,०००	२७१	फेब्र. २३, १८९१	१६९
६७	कॅलेक्वॅरास न., जेनि लिड	३९४	६९,५००	१७६	जाने. १९११	७०
६८	सेन् डिगो न., सॅटी	३७५	७०,३००	१८७	जाने. १९१६	६६
६९	सेन् लुई रे न., पालाजवळ	३२५	७५,०००	२३१	जाने. १९१६	७०
७०	सेन डिजिटो न., वनडिरो	२९०	७२,२००	२४१	जाने. १९१६	६३
७१	बेअर न., व्हॅट्ट	२६२	८६,८००	३१६	फेब्र. १९०४	६०
७२	सेस्पे क्री., फिलमोरजवळ	२५६	४३,०००	३१६	फेब्र. १९०४	६०

तबला क्र. १-नाम

पुस्तक संख्या व देशीय तथा अन्तराष्ट्रीय अन्वेषण

क्र.सं.	प्रवाह अर्थात् स्थान	जल निमाण क्षेत्र की. म.	पु. सं. पू.	पु. सं. पू.	पुस्तक संख्या	आवृत्ति
७३	मेट्रोपॉलिटन, न्यू यॉर्क	२४९	५५,६००	२३३	१९१५	७३
७४	स्मिथ न., क्रेमेट मिटि (अन्वेषण) जवळ	२२७	४२,५००	१८७	१९३८	७४
७५	सेन गॅब्रियल न., अल्बुसा	२२२	५५,०००	२४८	१९३८	७५
७६	सेटा यनोड न., सेटा बोवारा जवळ	२१९	३८,१७४	१७४	१९३८	७६
७७	सेन लुई रे न., मेसा ग्रैंड	२०९	५८,५००	२८०	१९१६	७७
७८	सेन गॅब्रियल न., धरण नं. १ अंतः प्रवाह	२०४	३०,०००	४४०	१९३८	७८
७९	सेन डिगो न., लेकसाईड	१८१	३८,०००	२०१	१९१६	७९
८०	स्वीट वॉटर न., जर्माचा	१७२	४३,०००	२५०	१९१६	८०
८१	सेन जॉसिडॉन, सेन जॉसिडॉजवळ	१४०	४५,०००	३२२	१९३७	८१
८२	स्वीट वॉटर न., डेहेसा जवळ	११२	२४,३००	२१७	१९१६	८२
८३	सेन जॉसिडो न., सेन जॉसिडो जवळ	१०८	३०,०००	२७८	१९१६	८३
८४	ओटे न. लोअर ओटे धरण	९८.६	३७,४००	३७९	१९१६	८४
८५	पुटा क्री. मेनॉकजवळ	९१	२४,०००	२७०	१९०४	८५
८६	लॉस एंजेलिस न., टुजंगा नं. १ धरण	८१.४	३४,०००	४१८	१९३८	८६
८७	स्मिथ न. एन. डि. क्रेस्ट	८१	२८,२००	३४८	१९१५	८७
८८	सेटा थसबेल क्री., मेसा ग्रैंड	५३.४	२१,१००	३९५	१९१६	८८

तक्ता क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व देशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल नि.धारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. से. फू.	पूराची तारीख	आधार
८९	लिटल क्री. फॉर्टानाजवळ	४७.९	२५,२००	५२६	मार्च २, १९३८	१९८
९०	सेन गॅब्रियल न., सॅन ग्रीब्रियल धरण क्र. २	४०.४	२३,८००	५८८	मार्च २, १९३८	१९४
९१	सॅटा पोला क्री., वेंचुरा कौंटी	३९.८	१३,५००	३३९	मार्च २, १९३८	१९८
९२	पाहल ही कॉनिऑन, मोजावेच्या उत्तरेस १२ मैल	३५.०	५९,५००	१,७००	ऑ. १२, १९३९	१४८
९३	लिटल टुबुगा क्री., लॉस एंजेलिस जवळ कॉनिऑन माऊथ	१९.३	८,५४०	४४२	मार्च २, १९३८	१८०
९४	टोपांगा क्री., टोपांगा बीच जवळ	१७.६	७,९६०	८८४	मार्च २, १९३८	१९८
९५	अरोयो सुको, संसाहिनाच्या ईसान्येस ५.५ मैल	१६.४	८,६३०	५२६	मार्च २, १९३८	१९८
९६	सेन गॅब्रियल न., धरण क्र. २ च्यावर डेव्हिल्स कॉनिऑन	१५.४	२३,०००	१,४९०	मार्च २, १९३८	२००
९६	सॅटा अंतिटा कॉनिऑन, सॅटा अंतिटा धरण	१०.५	४,६००	४२५	मार्च २, १९३८	१८०
९८	सॉपिट कॉनिऑन, लॉस एंजेलिस	७.४	४,०७०	५५०	१८८९	१०७
९९	कॅमरान क्री., टेह्राचीजवळ	३.५९	१३,०००	३,३६०	मे. ३०, १९३०	२३१

संकेत क्र. १-वाले
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीय नवानील अर्माधारण अधिनियम पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निष्काशन क्षेत्र चौ. मै.	पुर से. कु.	पुर चौ. मै. ज से. कु.	पुरानी नामिक	आधार
१००	फॉल श्री. मुखाजवळ, लॉस एंजेलिसजवळ	२.३	४,२००	१.८८०	मा. २. ११३८	१८०
१०१	अव्हर विला स्प्रिंग कॅनिऑन, मोजोवैजव.	०.८१	४,०००	६,०५०	से. ३०, ११३२	२०१
१०२						
१०३						
१०४						
१०५						
१०६						
१०७	कोलोरेडो :					
१०८	कोलोरेडो (ग्रँड) न., प्रुट्टा	१७,१००	१२०,०००	७	जुलै	१८८४
१०९	आकस्मिास न., प्युब्लो	४,६००	१०२,७००	२२.३	जून	१९२१
११०	आकस्मिास न., प्युब्लो	१,७४०	९३,३००	५.७	जून	१९२१
१११	विज की, मुखाजवळ	१,४४४	२८३,०००	१९.६	से. ३१.	१९३५
११२	रिपब्लिकन न., न्यूटन	१,२७०	१०३,०००	८१.१	से.	१९३५
११३	आरकानसास न., पलरिस ते प्युब्ला	९४०	७५,२००	८०	जून	१९२१
११४	रिपब्लिकन न. पम. एफके. न्यूटन	६६९	८३,०००	१२.८	से. ३०,	१९३५
११५	पॅगोटावर की., ९ मील धरण	६२५	६४,२००	१०१	से. १५.	१९३४
११६	से. बार्स न., प्युब्लो	४८२	७१,८००	१४९	जून	१९२१

तक्ता क्र. १-चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.न से. फू.	पूराची तारीख	आधार
११६	वे. विजु की. वाथर्स,	२८०	१६६.६७०	५८८	मे ३०,	१३९
११७	किओवा की., वेनेट	२६६	७५.३००	२८४	मे ३०,	१३९
११८	मिडल विजु की., प्यूरिआ	२३०	१४६.६४०	६२३	मे ३०,	१३९
११९	किओवा की., किओवाच्या उत्तरेस	१९०	११०.०००	५७५	मे ३०,	१३९
१२०	मिडल विजु की., विल्सन की. च्या खाली	१५१	७१.२७०	४७३	मे ३०,	१३९
१२१	सेरी की., कौसल वुड धरण	१३१	३२.०००	२४६	ऑ. २,	१३९
१२२	मॉयुमेंट की., कोलॉरॅडो सिंप्रज	१३०	५०.०००	३८५	मे ३०,	१३९
१२३	वे. विजु की., जॉन्सन्स प्रिज	११८	३४.२५०	२९१	मे ३०,	१३९
१२४	हॉर्स की., हॉलीजवळ	१००	२२.०००	२२०	ऑ. २८,	१३९
१२५	डाय की., प्युड्लोजवळ	८६	२४.३००	२८३	जून	६८
१२६	किओवा की., एल्वर्ट	६०	४३.५००	७२५	मे ३०,	१३९
१२७	रॉक की., प्युड्लोजवळ	५९.०	५३.८००	९१३	जून	६८
१२८	ग्रॅनाडा की., ग्रॅनाडाच्यावर	६०.०	३९.०००	७७५	जुलै ११,	१३९
१२९	पेक्स की., प्युड्लोजवळ	३६.६	१९.४००	५६४	जून	६८
१३०	व्युरी कॉनिऑन, मांडिड	२९.०	२४.८००	८६०	जून	१७०
१३१	बॉज की., प्युड्लोजवळ	२६.०	१५.१००	५८०	जून	६८
१३२	उत्तर अरिझो प्युड्लोजवळ	१९.६	३.३६०	३११	जून	६८

नक़्सा क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व फ़रेंसोनील नदीनील अनाधारण अधिकतम मर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	मर सं. कु.	मर दर चौ. मै. म. अ. क.	मरनी नारिख	आधार
१३३	ऑस्टिन आरोयो प्यूब्लोजवळ	७.८	१,०५०	१,१६०	जून १९२१	६८
१३४	कॅमेरोन आरोयो प्यूब्लोजवळ	७.३	१३,९००	१,९००	जून १९२१	६८
१३५	टॅपल्टन गॅप, कोलोरेडो सिप्रज	७.१	६,१२०	८६२	मै १९२२	७६
१३६	ब्ल्यू रिवरन क्री. प्यूब्लो	६.७	१,११०	१,३६०	जून १९२१	६८
१३७	हंगत्स गूलच, एडन	६.१	१,६४०	१,५८०	ऑग. १९०४	११२
१३८	मुखाजवळ, मिथुरिन कॅनिऑ					
१३९	से. २६, ई. ६ एम्. आर. ७० डब्ल्यू	२.४	४,३५०	१,८१०	जून १५, १९२३	१३५
१४०	द. आरोयो, प्यूब्लोजवळ	१.८	१,९१०	१,०६०	जून १९२१	६८
१४१	मॅग्पाथ गूलच, गोल्डेनजवळ	१.५	१,९१०	१,२७०	जुलै १९२३	११२
१४२	स्काथ रकिट क्री., ऑरे	१.०	२,०००	२,०००	जुलै १९२३	११२
१४३						
१४४						
१४५						
१४६						
१४७	कोनिक्टकट : कोनिक्टकट न., थॉप्सन व्हिल	९,६३७	२८२,०००	२९,३	मा. २०, १९३६	१५३

तक्ता क्र. १-बालू

मुनापटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर मे. फू.	पूर दर चौ. मै. स से. फू.	पूराची तारीख	आधार
१४८	हुसेदोनी, गेलॉई स्विट्जल	१,०२०	३१,६००	३१		६९
१४९	फॉर्मिगटन न.	५८४	२४,४००	४१.७		७२
१५०	स्कॅटी न. उत्तर फाटा	११८	६,१४०	५२		७२
१५१	हॉकनम न.	७९.०	६,१६०	७८		७२
१५२	फॉर्मिगटन न. पूर्व शाखा पश्चिम हार्टफर्ड	६७.४	६,७२०	१४१	नोव्हें.	१५८
१५३	पेक्यूनॉक, ब्रिजपोर्ट	२५.०	३,९२०	१५७	जुलै	१
१५४						
१५५						
१५६						
१५७						
१५८						
१५९	कोलविआ जिल्हा :	११,५६०	४८४,०००	४२	मार्च	१३५
१६०	पॉटोमॅक न.-वॉशिंग्टन जवळ राॅक क्री. क्यू. स्ट्रीट वॉशिंग्टनच्या ईशान्येस	७७.५	९,७६५	१२६		१४०
१६१	राॅक क्री., झेरिल ड्राईव्ह जवळ वॉशिंग्टन	६२.२	६,६६०	७१.७	ऑगस्ट	१७२
१६२						

पूराचे प्रवाह

[प्रकरण ५]

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पुर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. से. फू.	पुर. दर चौ. मै. स. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
१७८	चॅट्टाहूची, वेस्टपाइंट	३,३००	१३९,०००	४२.१	१९१९	९९
१७९	आर्कोनी, मिल्लिडगोव्हिल	२,८४०	११५,०००	४०.५	१९२५	११९
१८०	ज्हाईन, मॅकोन	२,५७४	९६,३००	३७.४		६९
१८१	ओकमलगी न, मॅकोन	२,४२५	९०,०००	३७.१	१९२५	११९
१८२	फिल्ट न. कल्लोडेन	२,०००	८५,०००	४२.५	१९१६	९९
१८३	इटोव्हा न., रोम	१,८००	५९,४००	३३.०	१९०६	६९
१८४	ओकोती न., ग्रीन्स्वोरो	१,१००	६८,२००	६२	१९०८	११९
१८५	ब्रॉड न. कार्ल्टन जवळ	७६२	४७,२००	६२	१९०८	९०
१८६	टोक्का न., ब्ल्यूव्जिज जवळ	२३१	१२,२००	५३	१९०१	१६
१८७	सोकी न., डेमोरेस्ट	१५८	८,८५०	५६		६९
१८८						१९
१८९						६०
१९०						
१९१						
१९२						
१९३	आयडाहो : स्नेक न., मफीजवळ	४१,९००	४७,४००	१.१३	१९१८	१०४३

तकला क्र. १-बाळू

धुनायटेड स्टेड्स व परदेशीतील वयातील अनुसंधान अधिकाऱ्यांचा अधिकृत मूल

ऐतिहासिक मूल

१६७

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	मूल से. फू.	१७ वर चौ. मै. से. फू.	पराची तारीख	आकार
१९४	स्नेक न., साऊथ फॉक मिनिडोका	२२,०००	५४,२००	२.४०	१८२६	६९
१९५	सॉलमन न. व्हाइट बर्ड	१३,४००	१२०,०००	९.००	१८२६	१७३
१९६	स्नेक न. साऊथ फॉक लिऑन	५४८०	५१,५००	९.४०	१९०४	६९
१९७	विलअर वाटर न., कार्मिआ	४,८५०	७६,६००	१५.८	१९१३	७२
१९८	पेव्ही न., हॉर्शवू बेंड	२,२३०	२२,१००	९.९	१९२१	१७३
१९९	वीसर न., वीसर	१,६७०	१७,९००	१०.७	१८९६	९९
२००	कुअर ड. अलेन न., कॅटलॉ जवळ	१,२२०	२२,०००	१८.०	१९२१	१०३
२०१	सेट जो न., काल्डर	१,०८०	१७,३००	१६.०	१९२२	१०३
२०२	टेडन न. सेट अँथनी जवळ	९६०	७,५००	७.९	१९०९	६९
२०३	विलअर वाटर न., सेट फॉक, ग्रीनव्हिल जवळ	९४०	९,८७०	१०.५	१९१२	१०३
२०४	मुरी न. स्तायडर	७१७	१०,८००	१५.१	१९१६	१०३
२०५	पेट्टे न., एन. एफके., व्हॅन व्याक	५८६	८,८००	१५.०	१९२१	१०३
२०६	सेट मेरीज न., लोटेस	४२०	८,८३०	२१.०	१९२१	१०३
२०७	पेट्टे न. एन. एफके. लाडो	१३१	४१९०	३२.०	१९०९	१०३
२०८	हॅलस गल्च, बॉइज	५.०	५,०००	१०००	१९१३	९१

तक्ता क्र. १-चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. नं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर मे. फू.	पूर दर चौ. मै. मे. फू.	पूराची तारीख	आधार
२०६	इन्डिअन :					
२०७	मिसिसिपी न. कैरो	३०२,०००	२,०१०,०००	२.२३	१९,१२	८२
२०८	ओहियो न., कैरो	२०३,०००	१,९५०,०००	२.५०	फे. ३-४ १९३७	१४९
२०९	वावाश न., मॉंट कार्नल	२८,६००	४२६,०००	१५.०	मार्च ३०, १९१३	१३२
२१०	इल्योसिस न., मुखापाशी	२७,९१४	१२५,०००	८.४८	एप्रिल १९०६	९०
२११	इल्योसिस न., पियोरिया	१३,४८०	८०,१००	५.९४	मार्च १९०४	७२
२१२	कन्साकी न., कस्टरपाई	४,८७०	३३,७००	६.९	मे १४, १९३३	१५३
२१३	इरक्वाँज न., चेबासे	२,१२०	२७,०००	१२.७	मे १३, १९३३	१५७
२१४	स्पून न. सेव्हिल	१,६००	३५,३००	२२.००	ऑ. २०, १९२४	१२७
२१५	पिक्टोमिका न. क्रीपोट	१,३३०	१८,६००	१३.४	मार्च १६ १९३५	१५७
२१६	मॅकिनॉ न., ग्रीनव्हॅली	१,१००	२१,६००	१२.६	मे १५, १९३५	१५७
२१७	व्हर्जिनियन न., स्टीट्ज	१,०६०	१३,०००	६.३	मे २१, १९३५	१५७

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	मूल निमापन क्षेत्र बी. म.	पूर से. फु.	पूर की से. फु.	पूर का तापमान	मापन
२२५	विगमडी न., प्लमफील्ड	७५३	१३,३००	२१.३	फेब्रु. १. १११३	१५७
२२६	डेस प्लेन्स न., रिक्लमार्डि	६३०	१३,१००	२०.८	१८८१	७३
२२७	मैग्मन न., एम्. एफके, किल्केड	५१०	११,८००	२३.०	मार्च १३. ११२२	१५७
२२८	स्प्रिंग बी., जोलिएट	११.७	१,०७०	५४.३	जून ११. ११२६	१५७
२२९						
२३०						
२३१						
२३२						
२३३						
२३४	इंडियाना:					
२३५	व्हाइट न., हॅडल्टन	११,३००	२३५,०००	२०.८	मार्च २१. १११३	१३२
२३६	व्हाइट न., ड. एफके., जोल्स	४,९४०	१३६,०००	२७.५	मार्च २८. १११३	१३२
२३७	ब्रायान न., लॉगन्सपोर्ट	३,७३०	११६,०००	३०.९	मार्च २६. ११२३	१३२
२३८	अन्टीम बी., शार्ल्सबरी	२९५	६,७९०	२३	११०२	१७
२३९	मनपावडर फॉल्स, ग्लॅको	१६०	५,६००	३५		६९
२४०						

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतलि नद्यांतलि असाधारण अधिकतम पूर

क्र. नं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. सा से. फू.	पूराची तारीख	आधार
२४१	आयोव्हा :					१
२४२	मिसूरी न. स्लॉक्ससिटी	३२३,४६२	५३१,०००	१.६४	१८८१	३०
२४३	मिसिसिपी न., न्यूयुक्	११९,०००	३६०,०००	३.०२	१८५१	१५०
२४४	मिसिसिपी न., बेल्टन	७९,०४०	२१०,०००	२.६६	१८८०	३०
२४५	डेस मॉईस न., किआसॉक्का	१३,९००	९७,०००	७.०	१९०३	१७४
२४६	रोडर न., सेटर रॅपिड्स	६,३२०	५६,९००	९.०	१९१७	९०
२४७	आयोवा न., आयोवामिटी	३,२२०	३६,२००	११.२	१९१८	१७४
२४८	डेव्हिल्स क्री., वील जवळ	१४३	८५,८००	६००	१९०५	९.
२४९	डायरेम, डेकोरा	२२.३	१६,१००	७२०	१९१५	९१
२५०	लिटल डेव्हिल्स क्री.	१९.०	१०,६००	५६०	१९०५	९१
२५१	पॅथर क्रीक	१४.०	७,२८०	५२०	१९०५	९१
२५२						
२५३						
२५४						
२५५						
२५६						

तकता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व प्रदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर से. फू.	पुर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
२५७	कान्सास :					
२५८	कान्सास न., लॉरिस	५९,८४१	२२८,०००	३.८०	१९०३	१
२५९	कान्सास न., जंक्शन सिटी	४४,९१०	१७९,०००	४.०	मे-जून १९३५	१५२
२६०	रिपब्लिकन न., जंक्शन सिटी	२४,९६०	१६८,०००	३.७	मे-जून १९३५	१५२
२६१	क्ल्यू रिव्हर, मॅनहॅटनजवळ	९,४९०	८६,६००	९.१३	मे १९०३	७२
२६२	न्यूशो न., आयोला	३,६७०	७४,५००	२०.३	जुलै १९०४	२
२६३	व्हर्डीशी न., लिक्टॉ	३,०६७	५०,३००	१६.४	जुलै १९०४	२
२६४	चेरिव्हेल क्री., चेरिव्हेल	२.०	१,८६०	९३.०		३१
२६५						
२६६						
२६७						
२६८						
२६९						
२७०						
२७१	केन्टकी : मिसिसिपी न., कोलंबस	९२,१९००	(२,५००,०००)	(२.७१)	फे. २७, १९३७	१३५

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील अधिकतम पूर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निस्सारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स. से. फू.	पराची तारीख	आधार
२७२	ओहियो न., पडुका	२०२,७००	१,८५०,०००	३.१	फैब्रु.	१३५
२७३	ओहियो न., लुइसव्हिल	१०,६००	१,१००,०००	१२.१	जा. २७,	१३५
२७४	ओहियो न., अक्लंड	६०,६००	७४०,०००	१२.२	जा. २७,	१३५
२७५	ग्रिन न., लिक्झमोअर	७,५००	२०८,०००	२७.७	जा. २७,	१३२
२७६	केंटकी न., लक्समिं	६,१७०	१९,०००	१६.०	जा. २४,	१३२
२७७	कंवलंड न., बन्सोईड	४,८९०	१६४,०००	३३.६	जा. २४,	१३२
२७८	लॉकिंग न., कॅटाव्वा	३,३२०	८६,२००	२६.०	जा. २३,	१३२
२७९	विग सॅडी न., लेव्हिसा एफके, पॅटसव्हिल	२,१५०	६९,०००	३२.१	जा. २९,	१३२
२८०	कंवलंड न., कंवलंड फौल्स	२,०१०	५९,६००	२९.६	माचै २३,	१३२
२८१	कंवलंड न., एस.एफके., व्हेल्स व्हिल	१,२६०	१६०,०००	१२७	१३२	१३२
२८२	कंवलंड न., वावोव्हिल	९८२	४०,१००	४०.८	१३२	१३२
२८३	रॉक कॅसल न., रॉक कॅसल रिप्रिज	७४६	३६,४००	४८.८	१३२	१३२
२८४						
२८५						
२८६						
२८७						
२८८						

तकती क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतिल नद्यातील असाधारण अधिकतम पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निष्काशन क्षेत्र चौ. मै.	पुर से. फू.	पुर दर चौ. मै. से. फू.	पुरची तारीख	आधार
२८८	लुइसीआना : मिसिसिपी न., कॅरोल्टन	१,४००,०००	१,५००,०००	१.०७	मे १९३२	८९
२८९	मिसिसिपी न., रेड रिव्हर लॉडगा	१,२४२,७००	(२,०००,०००)	(१.६१)	फे. १८, १९३७	१३५, १३२
२९०	मिसिसिपी न., रेड रिव्हर लॉडगा	१,२४२,७००	८४२,०००	०.९५	फे. ३८, १९३७	१३२
२९१	अल्बामाआलामा न., कोटस सिप्रज	१५०,०००				
२९२						
२९३						
२९४						
२९५						
२९६						
२९७	मैन : सेंट जॉन न., वॅन बोरन	८,२७०	१३४,०००	१६.२	मे २, १९२३	१७५
२९८	पेनसिल्वेनिया न., ब्रॉवर	७,७००	११५,०००	१४.९		१०
२९९	सेंट जॉन न., फोर्टकेट येथे फिश नदीच्या खाली	५,६९०	१२१,०००	२१.३	मे ५, १९३३	१७४
३००	पेनसिल्वेनिया न., वेस्ट पर्फील्ड (मॉटिंग)	४,६९०	१५३,०००	३२.६	मे १, १९२३	९९
३०१	कॅनेडो न., वॉटर व्हिल	३,०३०	१५७,०००	५१.१	डि. १६, १९०१	९९

तक्ता क्र. १-चालू
मुनायटेड स्टेट्स व प्रदेशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निवारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. से. फू.	पुर. दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
३०२	अड्डास्कॉगिन न. गल्फ आयलंड	२,२६०	१४९,०००	६६	मार्च १९, १९३६	१४६
३०३	सेको न. प. वक्स्टन	१,५७२	८०,०००	५१	मार्च २२, १९३६	१४६
३०४	मट्टावस्कीग न. मट्टावस्कीग	१,५००	४३,९००	२९.२	मे १, १९२३	१७५
३०५	अड्डास्कॉगिन न. रफर्ड	१,२४८	६८,३००*	५४.७	ए. १५, १८९५	९९
३०६	पिस्कॉटॅकिस न., फॉक्सक्रॉप्ट जवळ	२८६	२१,७००	७५.८	मे. २९, १९०९	१५४
३०७						
३०८						
३०९						
३१०						
३११						
३१२	मेरिलेडः पोटोमॅक न., पॉइंट ऑफ रॉक्स	९,६५४	४८०,०००	५०	मार्च १९३६	१३५
३१३	पोटोमॅक न., कॅन्टरलॅंड	८७५	८५,०००	९७	मार्च १९३६	१४६
३१४	मॅनिकॅसी न., जॅग ब्रिज, फ्रेडरिक जवळ	८१७	६४,७००*	७९.२	ऑ. २४, १९३३	९९
३१५	गॅनपावडर नदी	३०२	२५,१००	८३	१८८९	६९
३१६	पोटोमॅक न., ब्लूमिंगटन	२८७	७४,९००	२६१	मार्च २३, १९२४	१४६
३१७	विल्यम क्रिक, कॅबलॅंड	२४७	४३,७००	१७७	मार्च १९३६	१७२

तक्ता क्र. १-बोल्
भुतावटेक स्टेट्स व परदेशीय नदीनील असाधारण अधिकतम पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर से. फु.	पुर द. चौ. मै. अ. से. फु.	पुराची तारीख	आधार
३१८	ऑक्टोरो क्री., रायसिंगमन जवळ	१९.१	२५,४००	१३३	ऑ. २४, १९३३	१६६
३१९	पॅटर्फो न., उ-फाटा मेरिअट्सव्हिल ज.	१६.५	१९,५००	११८	ऑ. २४, १९३३	१९
३२०	टाऊन क्री., ओल्ड टाऊन जवळ	१४.८	२७,०००	१८२	मार्च १९३६	१८७
३२१	डियर क्री., राक्स	९४.४	२२,६००	२३९	ऑ. २३, १९३३	१६६
३२२	लेक रोलंड	३९.०	८,९७०	२३०	ऑ. २३, १८६८	९१
३२३	लिटल गनपावडर फॉल, लॉरेल फाटा	३६.१	०,२००	२५५	ऑ. २३, १९३३	९९
३२४	ऑनॅक्सीस्टिया न., नैवृत्य फाटा., कॉलि. ज.	२१.३	४,५००	२११	ऑ. २३, १९३३	९९
३२५	ओवेन्सक्री., लॅट्स	५.७	४,५००	७९०	डिसें. १९२४	१८७
३२६						
३२७						
३२८						
३२९						
३३०						
३३१	मॅसेच्युसेट्स : कनिक्टिकट न., मांटिगु सिटि	७,८४०	२२६,०००	३०.१	मार्च १९, १९३६	१५३
३३२	मेरिमेक न. लोवेल	४,४२४	१७३,०००	३९.१	मार्च २०, १९३६	१५३
३३३	वेस्टफिल्ड न., वेस्ट फिल्डजवळ	४९७	५५,५००	११२	से. २१, १९३८	१८३

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीय नद्यानील अनाधारण अधिकतम पुर.

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. सो. फू.	पुर. दर चौ. मै.स. सो. फू.	पुराची तारीख	आधार
३३४	डिअरफील्ड न., चार्लमॉट	३६०	५६,०००	१५५	मे. २१, १९३८	१८३
३३५	ग्रेट न., वेस्टफील्ड	३५०	५२,८००	१५१	१८७८	७२
३३६	वेस्टफील्ड न., माइटव्हिल	१६२	३३,७००	२०८	मे. २१, १९३८	१८३
३३७	फोमर न., जलाशयाचिवर, हॉल्लिओक	१३	२,८८०	२१८	फेब्रु.	६३
३३८	मॅन्हेन न., हॉल्लिओक	१३	२,३७०	१८२	१९००	९१
३३९						
३४०						
३४१						
३४२						
३४३						
३४४	मिशिगन :					
३४५	ग्रेड न., ग्रँड रॅपिड्स	४,९००	४९,५००	१०.१	गुन	७२
३४६	टिटेन्वावासीन, फ्रीलँड	२,४६१	४९,५००	२०.१	मांचे	१२०
३४७	ईस्कॅनॅवा न., ईस्कॅनॅवा	८००	१०,७००	१३.६		६०
३४८	हेड न., फॉरेस्ट व्हिल	१४२	२,४२०	१७		६९
३४९						

तक्ता क्र. १-चालु
युनायटेड स्टेट्स व परदेवातील तत्वातील अंगधारण अधिकृतस ग्रंथ

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र ची. मै.	ग्र. मै. फू.	ग्र. चौ. मै. फू.	पुराची तारीख	आधार
३५०	मिनेसोटा :					
३५१	मिमिसिपी न. सेंट पॉल	३३,८००	१०७,०००	२.६१	ए. २३. १८८१	१३२
३५२	मिमिसिपी न., अंतोका	१७,१००	४७,१००	२.८७		२५
३५३	मिनेसोटा न., सेंट पॉल	१४,६००	४३,८००	३.०		२५
३५४	मिमिसिपी न., सेंट पॉल	१२,४००	५०,४००	४.१		६९
३५५	सेंट क्रॉइक्स न., सेंट क्रॉइक्स फॉल्स	५,०५०	३५,३००	३		७२
३५६	पाईन न., पाईन जलजलाच्या खाली	४५२	१८,१००	४०	जून १९०८	६९
३५७						
३५८						
३५९						
३६०						
३६१						
३६२						
३६३						
३६४	मिमिसिपी : मिमिसिपी न., बिक्सबर्ग	१,१४४,५००	२,४२५,०००	२.१८	मे ४, १९२७	१३२

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील जमाक्षरण अधिनियम पुरा

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल नि.सारण क्षेत्र चौ. मै.	पुरा मे. फू.	पुरा दर चौ. मै.स मे. फू.	पुराची तारीख	आधार
३६५	याम्ब न., याव्हा मुख	१३,८५०	१३०,०००	१०.०	एप्रिल १८७७	७२
३६६	कोल्डवॉटर न., कोल्डवॉटर	१,६००	६०,०००	४२.८	जु. २१, १९३५	१६०
३६७	टॉव्हीन न., ई-फोर्क., फुल्टन जवळ	६५०	२४,२००	३७.२	फे. १५, १९३९	१९१
३६८	रॉबिन्स क्री., एलिझबेथ जवळ	१५	(८०,०००)	(१२३)		
३६९			१६,६००	१,१००	मे १८८२	९१
३७०						
३७१						
३७२						
३७३						
३७४	मिसूरी : मिसिसिप्पी न., सेंट लुईस	७०१,०००	१,३००,०००	१.८५	जून २८, १८४४	१३२
३७५	मिसूरी न., सेंट चार्ल्स	५३०,८१०	६००,०००	१.१३	जून १९, १८४८	३०
३७६	ओसाज बसेल	१४,०००	१५०,०००	१०.७	जून १८४४	१९६
३७७	मेरामेक न., यूरिका	३,८००	१७५,०००	८६.१	ऑ. २२, १९१५	१३२
३७८	ब्रिग न., वाय्मिन्ग्लि	८९२	८०,०००	८५.७	ऑगस्ट १९१५	१३२
३७९	कॅम्प्टर न., झॅल्मा	३०५	४०,०००	१०५	जु. १४, १९३७	१३२

नवना क्र. १-बालू
यूनायटेड स्टेट्स व परदेसीय नवनीय असाधारण अधिकृत पुर

क्र.सं.	प्रकाश आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. से. फू.	पुर. तर चौ. मै. त. से. फू.	पुराणी तारीख	आधार
३८०	रिओ डेस परका, सेंट लुईस	२३.८	६,०९०	२५६	ऑग.	८१
३८१	रिओ डेस परका, सेंट लुईस ज.	१५.६	६,४००	४१०	ऑग.	८१
३८२						
३८३						
३८४						
३८५						
३८६						
३८७	माँताना :					
३८८	यलोस्टोन न., प्रवेगद्वार	६६,८००	१५३,०००	२.३८	जून	९८
३८९	कलर्को फोर्क, प्लेक्स जबळे	१९,९००	११५,०००	५.७८	जून	९८
३९०	करोनाय न., लिक्वी	११,०००	१३०,०००	११.८	जून	९८
३९१	फ्लेट हेड न., पोलसन ज.	७,०१०	७५,०००	१०.७	जून	९८
३९२	फ्लेट हेड न., कोर्लविआ, फॉर्सेस	४,५६०	८८,०००	१०.३	जून	९८
३९३	फ्लेट हेड न., नार्थ फोर्क, वेल्डन	९००	४८,६००	५.६	जून	९८
३९४	सन न., नार्थ फोर्क, ऑगस्टा	६००	३२,४००	५.८	जून	९८
३९५	वील्डर क्री., विब्यू	३११	३३,०००	१०.३	जून ७,	१९७

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व व्हर्जेलीन नद्यातील असाधारण अधिकतम पुर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जलनिःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. से. फु.	पुर. दर चौ. मै. म. से. फु.	पुराची तारीख	आधार
३९५	कस्टर क्री., माईल्स शहराच्या आग्नेय दिशेस	१५५	२१,०००	१३५	जून १९, १९३८	१३५
३९६	ल नॉथर क्ली, माल्टा	१६	८,६१०	५३८	जून १९०३	१२०
४०१	नेब्रास्का : रिपब्लिकन न., कोब्रिज रिपब्लिकन न., मेक्सा रिपब्लिकन न., वेबेल्मनच्या खाली नॉर्थ लूथ, सेंट पॉल रिपब्लिकन न., कान्सास स्टेट लाईन	१२,३०० ५,८४० ५,१३४ ४,०२० २,५५०	२८०,००० १९०,००० १९०,००० ७६,४०० १५०,०००	२२.८ ३२.५ ३७ १९ ५८.८	मे मे-जून मे-जून जून मे	१५२ १५२ १६९ १२० १५२
४०२						
४०३						
४०४						
४०५						
४०६						
४०७						
४०८						

पृथक् क. १-चालू

युनायटेड स्टेट्स वे परदेसोर्नाल नद्यार्नील असोधारण अधिकृतम ग्रंथ

क्र.सं.	प्रकाशक आणि स्थान	जल निधारण क्षेत्र चौ. मै.	पृ. सं.	पु. सं.	पु. सं.	पु. सं.	पु. सं.	आधार
४०९	नेवाडा :							
४१०	हंजोल्ड न., ओरिडोना	१३,८००	३,०४०	०.३०	१८९७	७९		
४११	मेडो व्हेली वॉश, मोपजवळ	२,९५०	८,९३०	३.८	१९१०	७६		
४१२	ट्रॅक्की न., रेंगो	१,०३०	३,९३०	३.०	१९१३	७७		
४१५	कार्मन न. ईस्ट फोर्क, रोडिन वॉहेन	४९३	५,३८०	१३	१९११	६९		
४१६	कार्मन न. ईस्ट फोर्क, स्टेट लाईन	२९८	६,८८०*	१६.४	१९११	७०		
४१७	वेकर क्रॉक, वेकर	१०.०	१३०	१७	१९१४	७२		
४१८								
४१९								
४२०								
४२१								
४२२								
४२३	न्यू वेम्पशावर :	३,१००	५,३,८००	१८.५	१९१३	९९		
	कॉनेक्टिकट न., ऑफोर्ड							

तबता क्र. १-वालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीनील नद्यानील असोधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर सं. कू.	पूर दर चौ. मै. म सं. कू.	पुराची तारीख	आधार
४२४	मेरिमेंक न., मेक्लीन जंक्शन	१,५७३	८३,०००	५५.१	मार्च १३, १९३३	१३६
४२५	मेरिमेंक न., मेक्लीन जंक्शन	९८२	५५,६००	५६.६	नोव्हें. १९२७	९९
४२६	पेमिगेवॅसट न., प्यायसाऊथ	६२२	६५,८००	१०६	मार्च १९, १९३६	१३४
४२७	मॅको न., कौन्वेजवळ	३८६	४०,३००	१०५	मार्च १३, १९३३	१५३
४२८	वेकर्स न., वेंडवर्थजवळ	५२	१५,०००	२८८	नोव्हें. १९२७	९९
४२९	पीवाडी न., गोरहेंमजवळ	४१	९,९२०	२८८	नोव्हें. १९२७	९९
४३०	गॅलिस न., वाइल्डस्ट ब्रुकच्यावर, जॅक्सन	२८	१४,८००	५२९	नोव्हें. १९२७	९९
४३१	पी बोडी न., ग्लनहाऊस	१७.४	७,३३०	४२१	नोव्हें. १९२७	९९
४३२						
४३३						
४३४						
४३५						
४३६						
४३७	न्याजसी					
४३८	डेल्वेअर न. ट्रेंटन	६,७९६	२९५,०००	४३	ऑक्टो. १९०३	१८७
	डेल्वेअर न., वेल्डहेअर	४,५४२	२२०,०००	४८.५	ऑ. १०-११	१६६
					१९०३	

पुराचे प्रवाह

प्रकरण ५

तकता क्र. १-चाळू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यातील अनाधारण अधिकृत पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर से. फु.	पुर दर चौ. मै. स से. फु.	पुराची तारीख	आधार
४३९	रॅरिटन न., वाऊंड ब्रुक	८०६	६,६००*	८२	से. १८८२	१
४४०	पॅसिक न., पॅटर्सन	७८५	३५,६००*	४५.५	ऑक्टो. १०. १९०३	१६६
४४१	पॉन्टन न., ड. ब्रिजम	३८०	२३,६००	६२	१९०३	१
४४२	रॅरिटन न., उत्तर फाटा, मिल्टोन	१९७	१५,६००	८२.१	सप्टे. १५, १९३३	९६
४४३	रॅपी न., महबाह	११८	१२,५००	१०६	ऑक्टो. १९०३	१२०
४४४	पॅक्विक न., मॅकोपिन धरण	६३.७	८,४५०*	१३३	ऑक्टो. ९ १९०३	९९
४४५	रॅरिटन न., ड. फाटा, फार हिल्स जवळ	२६	७,०००	२६९	जुलै २३, १९१९	१६६
४४६						
४४७						
४४८						
४४९						
४५०						
४५१	न्यू मेक्सिको : सेन्त जुआन न., गिफरॉक जवळ	१२,८००	१५०,०००	११.७	ऑक्टो. ६, १९११	१८६
४५२	कॅनेडियन न., लॉगन जवळ	११,२००	२७८,०००	२४.८	मे. ३०, १९०४	१८६
४५३	द. कॅनेडियन न., टुक्कुरी जवळ	७,२५०	२८०,०००	३८.३	१९०४	१८४

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. से. फू.	पुर. चौ. मै. स. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
४५४	कॅनेडियन न. टेलर स्प्रिंगजवळ	२,८३०	९१,१००	३२.२	से.	१८६
४५५	अट्टे क्री., लोमजवळ	२,०१०	१००,०००	४९.८	मे १,	१८६
४५६	कॅनेडियन न., फ्रॅंजवळ	१,४८०	१५६,०००	१०५	से.	१८६
४५७	पेकांस न., अँटन चिकोजवळ	१,०८०	४०,३००	३७.३	जून १,	१८६
४५८	काँचस न., वेरिजेडरोजवळ	६९०	५१,८००	७५	जून ३,	१८६
४५९	मोरा न., लोमापाडानजीक	५८५	३४,५००	५९	जून ११,	१८६
४६०	मोरा न., वेबर	२९४	२७,६००	९४	से.	६८
४६१	सॅपेलो क्री., वॅट्सजवळ, मुखाशी	२८४	६२,९००	२२२	से. २०,	१८६
४६२	टॅकिलो न., मोरा खोरे	१६०	१६,०००	१००	१८९३	९७
४६३	मोरा न., मोराचे खोली	१५९	२२,३००	१४०	से.	१९०४
४६४	गॅलिनास न., मॅटिझमाजवळ	८९	११,६००	१३०	से. ३०,	१९०४
४६५	पॅलोमास न., हेमोसाजवळ	५२	८,६८०	१६७	जुलै,	१९२५
४६६	टॅनर डा. कल्प हेमजवळ	२०.३	११,२००	५५२	मे-जून	१९३७
४६७	डाॅ, कॅलेटनजवळ	२.६६	२,५५०	९५८	मे-जून	१९३७
४६८						
४६९						
४७०						

तक्ता क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पुर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर से. फू.	पुर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
४७१	न्यूयॉर्क :					१०५
४७२	सेंट लॉरेंस न., ऑपेब्वर्गजवळ	२९८,०८०	३१३,०००	१.०७		११४
४७३	नायगारा न., नायगारा	२६३,४४०	२९८,०००	१.१३		११४
४७४	नायगारा न., (फक्त जमीनक्षेत्र)	१७५,०००	२९३,०००	१.७१		११४
४७५	हडसन न., अल्बेनी	८,१००	२२०,०००	२७.२	मार्च २८, १९१३	१४१
४७६	हडसन न., मॅकनिक्सव्हिल	४,५००	१२०,०००	२६.७	मार्च २८, १९१३	१६६
४७७	मोहॉक न., कोहोज	३,४५६	१४०,०००	४०.६	मार्च १९१४	१४६
४७८	डेल्वेयर न., पोर्ट जॉन्स	३,०७६	१५५,०००	५०.४	ऑ. १०, १९०३	१६६
४७९	चेमूग न., चेमूग	२,५३०	६२,३००	३६.५		१६६
४८०	सुक्केबेना न., कौकलीन	२,२४०	६२,१००	२८	मार्च १८, १९३६	१४३
४८१	चेमूग न., विंग प्लेट्सचे खाली	२,१५०	८७,२००	४१	मार्च १९३६	१८७
४८२	चेमूग न., एलिसरा	२,०५५	१३८,०००	६७.२	जून १ १८८९	९
४८३	चेनंगो न., चेनंगो फोर्क्स	१,४९२	८२,८००	५५.५	जुलै १९३५	१५४
४८४	टिओगा न., अविंस्जवळ	१,३७०	५६,८००	४४	मार्च १२ १९३६	१४६
४८५	जेनेसी न., सेंट हेलना	९९२	४३,६००	४४	मे १९१५	११३

तक्ता क्र. १-चालु
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीय न्यायिक असाधारण अधिकृत पुर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निशाराण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. मे. क.	पुर. चौ. मै. मे. क.	पुराची तारीख	आधार
४८७	स्वॉह्दी वी. वी. फोर्ट हंटर	९००	४९,६००	५५.१	मार्च १९०१	३७
४८८	हॉल्क न., डिआन्य फॉला	८९७	४९,३००	४०.७	एप्रिल १८६९	७९
४८९	हॉल्क न., पूर्व फाटा वॉर्क	८३८	९९,८००	११०	मार्च २६, १९०४	९९
४९०	हॉल्क न., पूर्व फाटा फिश एंडी	७८३	५३,३००	६८.१	ऑ. २४, १९३३	१६६
४९१	टायोना न., लिडले	७७०	४९,३००	५४	मार्च १९३३	१८७
४९२	टायोनिमियोना न., इटास्को	७३५	४८,७००	६०.८	जुलै ८, १९३५	१६६
४९३	हॉल्क न., प. फाटा हेल्ल एंडि	५९३	४६,०००	७७.६	ऑक्टो. १०, १९०३	१६६
४९४	कोहोविटन न., कॅवेलजवळ	४७२	४५,४००	९६.२	जुलै ८, १९३५	१६६
४९५	कॅटर अगम वी., व्हॅरिक्स	४६७	२९,९००	६४	मार्च १९१८	१६६
४९६	ऑसेवस न., ऑनिबल फोर्म्स	४४४	२४,९००	५६	मार्च १९१३	१०४
४९७	एसोवस वी., लॉगटॉस	४१७	५५,१००	१३२	डिसें. १८७८	११३
४९८	व्रेस्ट कॅनडा वी., हिकले	३७२	३९,१००	१०५	एप्रिल १८६९	३९
४९९	कॅनिस्टो न., प. कॅमॅरॉन	३४४	३५,०००	१०२	जुलै १९३५	३७
५००	क्रॉटन न., क्रॉटन धरण	३३९	२५,४००	७५	१९३५	९९
५०१	हॅस्ट कॅनडा वी., डोले व्हिल	२६४	२०,०००	७५.८	१८६७	७२
५०२	वीक्टोर व्हिल, कुक्स फॉल्स	२४१	१९,०००	७९	मार्च २६, १९१२	९९
५०३	स्वॉह्दी वी. वी., प्रॅड् व्हिल	२३६	२९,०००	१२३	ऑ. १९३३	१८७
					मे. १९२४	१०१

नक़्सा क. १-चाण्ड
युनायटेड स्टेट्स व पश्चिमोत्तर नद्यातील अमराधारा अड्डेकन पुर

क्र. सं.	प्रकाश आणि स्थान	अल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर मे. फू.	दर चौ. मै. म. मे. फू.	पुराची तारीख	आकार
५०४	नेल्सॉन क. त., ऑकलैंड खां.	२२२	२०,०००	१०	आ. २४.	१३३
५०५	कॉटस्विल्ड क्री., द. कैरी	२१७	२१,०००	१००	मिग	२७
५०६	डोमोपस क्री., कोल्डबुक	११२	५५,०००	२८३	आ. २४.	१३६
५०७	ओबोरो क्री., ओबोरो जवळ	१८६	२३,५००	१२६	मुल्ले ८.	१३३
५०८	कॉन्स्टिडो न., कॉन्स्टिडो	१८५	२५,०००	१३२	मुल्ले	१८७
५०९	फॉल्ले क्रीक, इथाका	१७४	२५,८००	२०८	मुल्ले	१३३
५१०	ऑल्बर्ट क्री. पु. मिडन	१०१	१३,७००	१३२	मुल्ले	१८७
५११	रांडाऊड क्री., लॉकवूड जवळ	१००	२३,७१५	२६७	आ. २६.	१३३
५१२	साल्मन क्री., मायर्स	८९	१८,५००	२०७	मुल्ले	१३३
५१३	ब्रेनड क्री., कॉन्स्टिडो जवळ	७१	१८,५००	१३३	मुल्ले	१३३
५१४	कॅनाकाडो क्री., टांसेक	५२	२३,६००	१८८	मुल्ले	१३३
५१५	टफिनाक क्री., ट. हॅमिल्टन	५३	४२,१००	७४२	मुल्ले	१३३
५१६	कॅनाकाडो क्री., आल्मंड	४९	२२,०००	८४२	मुल्ले	१८७
५१७	मॅडिसन क्री., पु. कॅबल	४६	३०,३००	६५७	मुल्ले	१३३
५१८	कॅबल क्री., कॅनाका जवळ	२५	१४,०००	३९१	मुल्ले	१३३
५१९	डुडले क्री., लिम्फेजवळ	२९	१३,२००	५८७	मुल्ले	१३३
५२०	मॅकन क्री., वॉटकिन्स गेलन	२९	२७,०००	१,३१०	मुल्ले	१३३

तक्ता क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
५२१	पडोई क्री., कॉनिस्टिओजवळ	२१.२	८,९९०	८२४	जुलै १९३५	९९
५२२	मेरी क्री., अपर लिस्लजवळ	२०.८	१५,१००	७२६	जुलै १९३५	९९
५२३	स्टोनी वूक., स्टोनी वूक. स्लन	१८.१	५,८००	३२०	जुलै १९३५	९९
५२४	फाईल्ड मॉडल क्री., एन्फिल्ड	१८.०	८,३८०	४६३	जुलै १९३५	९९
५२५	विग क्री., उ. हॉर्नल जवळ	१६.५	११,९००	७२१	जुलै १९३५	९९
५२६	सॉकिल, विअर्स व्हिलजवळ	१२.१	९,९८०	८२५	जुलै १९३५	९९
५२७	र. मन्सवर्ग क्री., र. मन्स	११.५	१७,८००	१,५५०	जुलै १९३५	९९
५२८	विलेट क्रीक, मॅर्योनवर्ग	११	६,४३०	५८५	जुलै १९३५	९९
५२९	सॉकिल, शेडीजवळ	९.५	९,१८०	९६६	जुलै १९३५	९९
५३०	स्टिफल्स क्री., कार्सन जवळ	७.०४	६,७००	९५२	जुलै १९३५	९९
५३१	स्ट्रॉज क्री., स्मिथ व्हिले फलॅटसजवळ	६.४१	६,६५०	१,०४०	जुलै १९३५	९९
५३२	फाईन क्री., मॉटिरेजवळ	५.०	३,२७०	६५४	जुलै १९३५	९९
५३३	स्लन क्री., टाउन सेंड जवळ	२.९१	७,३३०	२,५२०	जुलै १९३५	९९
५३४	हरिस्वर्ग हॉलो, हिकरी हिल जवळ	२.४९	२,८१०	१,१३०	जुलै १९३५	९९
५३५	बुक, ब्रॅडफर्ड	१.६८	१,९४०	१,१५०	जुलै १९३५	९९
५३६	मंडकीक, लॅरॉय	१.५	३,४५०	२,३००	म १९३५	९९
५३७	निल्मोर बि., प्रेटन जवळ	०.६२	५१८	८२५	जुलै १९३५	९९

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निस्सारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
५३८	बीकान श्री., फिजिकिल जवळ	०. २५	८००	३,२००	जुलै १८९७	२७
५३९	नॉर्थ कॅरोलिना :					
५४०	रोनाक न., ओल्ड रोकन	८,३५०	२७५,०००	३२.९	नो. २६, १८७७	९३
५४१	मो डो न., राकिबहमजवळ	६,९१०	२१२,०००	३०.७	से. १६, १९२८	१५५
५४२	केप फिअर न., फेडेरिल	४,२९०	१३३,०००	३१.०	ऑ. २६, १९०८	१५६
५४३	युडकिन न., होजराक	३,९३०	१८४,०००	४६.८	जुलै १९१६	९९
५४४	युडकिन न., डोनाहा	१,६००	८०,०००	५०	जुलै १९१३	९९
५४५	हॉ न., गिटमबोर जवळ	१,२४०	९८,०००	७३.७	ऑग. १९०८	१५६
५४६	फ्रेच ब्रॉड न., अर्थव्हिल	९४९	९०,०००	९४.८	जुलै १९१६	९९
५४७	लिटल टेनेसी न., जॅक्सन	६७५	५७,५००	८५.३	डिसें. १९०१	२१
५४८	टॅकमेसी न., ब्रायमन	६६२	३८,६००	५८.२	मार्च १८८९	७२
५४९	वर्लेंट न., बहामा	१५०	१३,६००	९०.७	मे. ८, १९३४	१७६

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यातील असाधारण अभिक्रम पुर

क्र. नं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर. मे. फू.	पर दर चौ. मै. स. मे. फू.	पुराची तारीख	आधार
५५४	ब्रॉड न., चिमणी राँकजवळ	१.३	२०,५००	२११	ऑ. १५, १९२८	१३६
५५५	लिटल ग्रगर क्री., गालॉटिजवळ	४१.४	७,०३०	१७०	ऑ. १६, १९२८	१३६
५५६	मॉगन क्री., चॅपेल हिलजवळ	२७	३०,०००	१,११०	ऑ. ४, १९२४	१३६
५५७	कॅने क्री., वेक्स हिल	२२	२३,५००	१,३४०	मे १९०१	१३६
५५८	पिजन न. प. फोस्ते, प्रस	१,२०२	१६,५००	१,३५०	ऑ. १९४०	१३६
५५८a	पिजन न., मिडल प्रांग, स्पूस	८.४	१६,४००	१,९५०	ऑग. १९४०	१३६
५५९	बिग क्रीक, सनवस्ट जवळ	१.६५	१२,४००	७,३४०	ऑ. ३०, १९४०	१३६
५६०	बिग क्रीक, सनवस्ट जवळ	१.३२	१२,९००	२,८००	ऑग. १९४०	१३६
५६१						
५६२						
५६३						
५६४						
५६५						
५६६	नॉर्थ डॅकोटा :					
५६६	रेड न., ग्रँड फोक्स	२५,०००	४२,५००	१.७०	१८१३	२५
५६७	लिटल मिपूरी, मेडोग	५,७८०	१५,१००	३.३		६९
५६८	हार्ट न., रिचर्डन	१,२५०	८,०००	६.४		७२

तक्ता क्र. १--बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीय नवानील असाधारण अधिकतम पुर

सं. क्र.	प्रवाह आणि स्थान	जल निवारण क्षमता चौ. मै.	पुर. मै. फू.	पुर चौ. मै. फू.	पुराची तारीख	आधार
५६३	ग्रैंड, उत्तर फाटा, हॅले	५,०००	६,८००	११.६	१९१३	७२
५६०						
५६१						
५६२						
५६३						
५६४						
५६५	ओहायोही :					
५६६	ओहायोही न., मिस्मिनाडी	७५,८००	१५०,०००	१२.५	जुलै २६, १९३७	१३५
५६७	मस्किगम न., मिस्मिनाडी	७,४१०	२७०,०००	३.७		१३५
५६८	मियामी न., मियामी	३,९३७	३८३,०००	३.८	मार्च १९१३	१०७
५६९	मिओटो न., चिक्कोब	३,८५०	२५०,०००	३.५	मार्च १९१३	१३२
५७०	मियामी न., डेटन	२,५१०	२५०,०००	१.००	मार्च १९१३	१३२
५७१	मिओटो न., कोलंबस	१,३२४	३८,०००	८.४	मार्च २५, १९१३	१४७
५७२	कोलंब मिओटो न., कोलंबस	१,५७०	१११,०००	७.५	मार्च १९१३	७१
५७३	लिटल मिओटो न., मिस्कोई	१,१३५	८२,०००	३.४	मार्च १९, १९३३	१३२
५७४	मियामी न., डेडमोर	१,१३०	१२७,०००	११.३	मार्च १९१३	१०७
५७५	मिओटो न., कोलंबस	१,०४७	८४,८००	८.८	मार्च १९१३	७३

तक्ता क्र. १-वाळू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर सं. फू.	दर चौ. मै. स. फू.	पुराची तारीख	आधार
५८५	मॅड नदी, ओरवॉर्न	६४९	७६,०००	११७	मार्च १९१३	१०७
५८६	स्टिलवॉटर न., इंगलवुड	६४६	८५,४००	१३२	मार्च १९१३	१४७
५८७	ऑल्टेपी न., कोलेबस	५१४	५०,४००	९८	मार्च १९१३	७१
५८८	स्टिलवॉटर न. शगर ग्रुव्ह	४४८	५१,९००	११५	मार्च १९१३	१०७
५८९	टिवन क्रीक, जमन टाऊन	२७०	६१,०००	२४४	मार्च १९१३	१०७
५९०	लडलो क्री., डेटनज्यावर	६५	१७,३००	२६६	मार्च १९१३	९१
५९१	लॉस्ट क्री., डेटनज्यावर	५२	२९,७००	५७१	मार्च १९१३	९१
५९२	हनी क्री., पू. फौक, न्यू कोर्कोईल	११.८	१२,१००	१,२८०	जुलै १९१८	७१
५९३	हनी क्री., पू. फौक, न्यू कोर्कोईल	६.७	१८,८००	२,२१०	जुलै १९१८	७१
५९४	हनी क्री., पू. फौक, न्यू कोर्कोईल	३.५	३,५००	१,०००	जुलै १९१८	१०९
५९५						
५९६						
५९७						
५९८						
५९९						

ओक्लाहोमा :

संज्ञा क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नव्यानील असोशिएशन अडिबलम पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. मे. फू.	पुर. दूर चौ. मै. फू.	पुराची तारीख	आधार
६००	आर्कान्सास न., मस्कोगी	१६,८००	{ २४३,००० (२७०,७००) (३००,०००)	२.५ (२.८) (३.१)	जून १. जून ऑक्टो.	१९३५ १९२३ १९४१
६०१	प. क्वार्टर मास्टर की.	१०८	५०,०००	६४०	एप्रिल	१९३४
६०२	प. क्वार्टर मास्टर की.	६१	३४,२००	५६०	एप्रिल	१९३४
६०३	नॉर्थ माईल की.	४२	३६,१००	८६०	एप्रिल	१९३४
६०४	पु. क्वार्टर मास्टर की.	४१.५	५४,८००	१,३२०	एप्रिल	१९३४
६०५	मॉन्टे मेजर कीक	३७	५३,६५०	१,४५०	मार्च	१९३४
६०६	पूर्व हे की. (वाणिदाबोरे)	४	६,४००	१,५००	एप्रिल	१९३४
६०७						
६०८						
६०९						
६१०						
६११						
६१२	ऑरिगॉन :					
६१३	कोलविया न., डेलस	२३७,०००	१,३९०,०००	५.८७	जून	१८९४
६१४	विलमेट न., अल्बेनी	४,८६०	३०३,०००	६२.२		१८३१
६१५	विलमेट न., मिडलफोर्क, डॉम्बर	१,४५०	३३,०००	६४.२		७२

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील तळांतील असाधारण अधिकृत पुर.

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. सो. फू.	पुर. दर चौ. मै. सो. फू.	पुण्याची तारीख	आधार
६१५	मिलिट्री न., मिलिट्री	२०४	४०,८००	२००	नो. २०, १९२१	१७७
६१६	विलोओफ, हॅप्परजबळ	१२५	३६,०००	२८८	१९०३	१९
६१७	विलोओफ, हॅप्परजबळ	२०	३६,०००	१,८००	जून ४, १९०३	१९
६१८						
६१९						
६२०						
६२१						
६२२						
६२३	गोनसिल्व्निआ :					
६२४	मस्केवाना न., मॅक्कॉल्म फेरी	२६,८००	८७०,०००	३३.५	मार्च २०, १९३३	१३५
६२५	ओहियो न., मिड्सवर्ग	१९,१०६	६४०,०००	३४	मार्च १९३३	१४६
६२६	मस्केवाना न., संग्वेरी	१८,३००	५३०,०००	२९	मार्च १९३३	१८७
६२७	मस्केवाना न., डॅम्ब्ल	११,२२०	२५८,०००	२३	मार्च १८, १८६५	१५४
६२८	अँलियेनी न., विट्टिंग	९,०१०	३०५,०००*	३३.८	मार्च १९१३	७०
६२९	मस्केवाना न., टॉवॅन्डा	७,७६७	१८६,०००	२४.१	मार्च १९३३	१३६
६३०					मार्च १७, १८६५	
६३१	अँलियेनी न., पार्कमॅलिंग	७,६७१	२५०,०००	३३	मार्च १८६५	१८७

तकता क्र. १-बालू
भुनायटोड स्टेट्स व परदेशांतील तद्यांतील अगाधाराण अधिकृतस घर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मी.	पूर म. फू.	घर चौ. मी. म. फू.	पुर्जाची तारीख	आधारा
६३०	सस्केवाना न., वेस्ट वि. वर्डमंटन	६,५९३	२८४,०००	४३	मार्च १३, १९३६	१३४
६३१	अल्बिथी न., फ्रॅन्कीन	५,९८२	१९६,०००	३३	मार्च १८, १९३५	१८७
६३२	गस्केवाना न., प. फाटा वडल्यम्स पॉट	५,६६२	३१३,०००	५५	मार्च १९३६	१४६
६३३	मोतान्वाटोला न., लॉक नं. ४	५,४३०	२०७,०००	३८.१	जुलै ११, १९८८	१
६३४	जुनिअटा न., ल्युपॉट	३,४८०	२९२,०००	८४	मार्च १९०२	३०
६३५	सस्केवाना न., प. फाटा, रेनोव्हो	२,९७५	२३६,०००	७९.३	मार्च १८, १९३६	१३५
६३६	बीव्हिअर न., बॅपस	२,२३५	८७,०००	३९	मार्च १९१३	१८४
६३७	अल्बिथी न., फ्रॅन्कीन	१,८९३	१२७,०००	६७	ऑक्टो. १८६९	१८७
६३८	विन्सिमिटेडास न., जल्हामोर	१,७२३	२००,०००	११६	मार्च १९३६	१३४
६३९	गुगिओवेनी न., सटर्सव्हिल	१,७१५	१००,०००	५८	मार्च १९३६	१८७
६४०	गुगिओवेनी न., कॉलिम्सव्हिल	१,३२६	१२५,०००	७०	मार्च १९३६	१८७
६४१	ले नदी, बॅथलेहॅम	१,८२०	१६,०००	७३	फेब्रु. १९०२	१८७
६४२	गुगिओवेनी न., ओट्टिआपाइल	१,०३५	८५,०००	८०	मार्च १९३६	१८७
६४३	जुनिआटा न., गेसटाउन ब्रॅच, हायस ब्रिज	९४८	८६,५००	९१	मार्च १९३६	१८७
६४४	अल्बिथी न., रीडिंग	९००	८०,१००	८९	मार्च १८५०	१०७
६४५	जुनिआटा न., फ्रॅन्कीन ब्रॅच, पीटर्सवर्ग	८०६	८०,०००	९९	मार्च १९३६	१८७
६४६	जुनिआटा न., रेजटाउन ब्रॅच, सॅक्सटन	७५६	८०,५००	१०६	मार्च १९३६	१८७

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीय नद्यांतील असाधारण अधिकतम पुर

क्र. क्र.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. से. फू.	पुर. दर चौ. मै. म से. फू.	पुराची तारीख	आधार
६४७	कोनिमौथ न., न्यू फ्लॉरिड	७४८	११,२००	११२		१३४
६४८	जुनिआटा न., रेजटाऊन ब्रॅव, जुनिआटा क्रॉसिंग	५४९	६७,०००	१२२	मार्च ऑ. २४,	१८७
६४९	वेस्ट कोनिमौथ, मॅनेस्टर जवळ	५१०	४७,६००	११२	मार्च ऑ. २४,	१६६
६५०	स्टोनी क्री., फर्नहिल	४५१	५८,६००	१३०	मार्च	१८७
६५१	ब्लॉक क्री., ब्लॉक क्री.	३९०	५१,७००	१३२	मार्च	१८७
६५२	विलअरफील्ड क्री., डिमॉलिंग	३७१	३७,६००	२११	मार्च	१८७
६५३	स्वातारा क्री., हॉपर टॅल्हर्न	३३३	५३,०००	१५९	जून	१८७
६५४	जुनिआटा न., मॅनेस्टर जवळ, न्यू फ्लॉरिड	२९१	८७,६००	१६४	मार्च	१८७
६५५	पाकिओ मेन क्री., ग्रेटर्सफोर्ड	२७९	४१,२००	१४८	जुलै	१८७
६५६	लायलहॅम क्री., न्यू अलेक्झांड्रिया	२६५	३१,०००	११७	मार्च	१८७
६५७	कोडोरस क्री., यॉक	२२१	३४,०००	१५४	ऑ. २३-२४	१३५
६५८	नेवॅमिनी क्री., लॅंगहॉर्न जवळ	२१०	३०,०००	१४२	ऑग.	१८७
६५९	शेर्मन क्री., शेर्मंडेल	२००	३७,०००	१८५	जुलै	१८७
६६०	लिटल कोनिमौथ न., कोनिमौथ	१८७	२८,८००	१५४	मार्च	१८७

तक्ता क्र. १-चालू
मुनायड स्टैड्स व परदेशीतील नद्यानील अन्नाडरण अधिकृत प्र

क्र. क्र.	प्रवाह आणि स्थान	जल निसर्ग क्षेत्र चौ. मै.	प्र. से. फू.	प्र. दर चौ. मै. स से. फू.	पुराची तारीख	आश्रय
६६१	पेकी क्री., पेकीजवळ	१५३	२८,०००	१८३	जून १९३८	१८७
६६२	चेम्पूर क्री., फिलाडेल्फिया जवळ	६२	६२,०००	१,०००	ऑग. १८८३	७७
६६३	डावो क्री., फिलाडेल्फिया जवळ	४८	२७,८००	५८०	ऑग. १८८३	७७
६६४	ब्रम क्री., फिलाडेल्फिया जवळ	२२	९,०२०	४१०	ऑग. १८८३	७७
६६५	निड्ले क्री., फिलाडेल्फिया जवळ	२०	१५,०००	७५०	ऑग. १८८३	७७
६६६	मिल क्री., गरी	१२.९	१२,९००	१,०००	ऑग. १९१५	९१
६६७	मिस्ट रन., डनवार जवळ	७	३,८५०	५५०	जुलै १९१२	१८७
६६८	बोमोडाविली बेंच, पूर्वे प्रोमोवेट	२.३	३,५९०	१,६३०	जुलै १९१४	७१
६६९	बोमोडाविली क्रीक, लांग लेव्हल जवळ	२.२	२,४६०	१,१२०	जुलै १९१४	१८७
६७०	हॅडिअन रन, लेटॉट	२.१	४,०६०	१,९३०	जुलै १९१४	७१
६७१	मीन फाटा, विजिहिल	१.७	२,७१०	१,५९०	जुलै १९१४	८३
६७२	मॉन्स रन, क्रैम्वेल स्टेशन	०.६७	१,७००	२,५४०	जुलै १९१४	७१
६७३	डॉकर्म हॉली, नॉर्थ ब्रॅडॉक	०.६०	२,४००	४,०००	जून १९१७	७१
६७४	व्हिस्लम, लांग लेव्हल जवळ	०.६	४,५६	७६०	जुलै १९१४	१८७
६७५	गिंसल रन, गॉन्स टाऊन	०.६	२,९६	४९३	ऑग. १९३१	१८७
६७६	बुल्स रन, लांग लेव्हल	०.५८	२,४६०	४,१३०	जुलै १९१४	७१

तकता क्र. १-बालू
मुनाग्रटेड स्टेट्स व परदेशीय मछलील असाधारण अधिकतम वृत्त

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	वृत्त मै. कू.	वृत्त चौ. मै. कू.	पुनर्जीवनीकरण	आयतन
६७८	न्योड आयलंड सीकिक, प्रॉव्हिडन्स पलॅट न.,	१३० ६१	१०,८०० ७,३२०	५७ १२०	१८६७ १८४३	७६ ७६
६७९						
६८०						
६८१						
६८२						
६८३	साऊथ कॅरोलिना :- सैंडी नदी, फर्युसेन पीडी नदी, चेरो सैंन्हेना न., वुडलॉन कॅरोलिनाची ब्रॉड न., रिच टेक्स	१४,८०० ९,१०० ६,६०० ४,८००	३६८,००० २७३,००० २००,००० २३९,०००	२४.८ ३० ३०.३ ४९.८	जुल्य २२, १९१६ सं. १९०८ ऑ. २६, १९०८ प्रॉव्हिडन्स, १९१९	१७६ ७४ ६९ १५६
६८४						
६८५						
६८६						
६८७						
६८८						

सकता क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीय नवार्थिक असाधारण अधिकृत पुर

क्र. सं.	प्रकार और स्थान	अल निःसागण अथवा चो. नं.	पुर से. फू.	पुर चो. से. नं. से. फू.	पुराची नारीय	आधार
६९३	बोर्ड नं., अल्बर्टन	४,६०९	१३१,०००	२८.४	मे १२.०१	७२
६९४	बोर्डार्थ नं., रोक हिल जवळ	३,०५०	१५१,०००	५०	मे २३, १२.०१	९९
६९५	साबुहा नं., सिल्वर स्ट्रीट जवळ	१,५७०	८३,८००	५३.४	ऑक्टो. ३, १२.२९	१७७
६९६	बोर्डार्थ नं., कटाव्या	१,५२५	११०,०००	६१.७	जुलै १६.१६	११८
६९७	पॅकोलेट नं., स्पार्टम्बरां	४००	२५,६००	८९	जून १९.०३	१९
६९८	एनोरो नं., एनोरोजवळ	३०७	३५,८००	११७	ऑक्टो. २, १९.२२	१७६
६९९	रोडी नं., प्रिन्सटन जवळ	२१५	२८,०००	१३०	ऑग. १३.०८	९३
७००						
७०१						
७०२						
७०३						
७०४						
७०५	माऊथ हाकोटा :					
७०६	बेयन नं., हार्ट्स्प्रिंग	८,७२०	१५०,०००	१७.२	मे १९.२०	११२
७०७	बोर्डार्थ नं., इटोसिग जवळ	४,०९०	१६,४००	४	१२.०५	७२
७०८	रेडवॉटर नं., वेले फूला	१,००६	८,०५०	८	१२.०६	७२

तक्ता क्र. १-वाल
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतर्गत नद्यानील असाधारण अधिकतम पुर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल नि.सारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. से. फू.	पुर. दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७०९	टेनेसी :					
७१०	मिसिसिपी न., मेक्स	९३२,८००	१८००,०००	१.९	जा. २९, १९३७	१३५
७११	टेनेसी न., जॉन्सन व्हिल	३८,५००	४६०,०००	११.९	मार्च २४, १८९७	१३२
७१२	टेनेसी नदी, चॅट्टानुगा	२१,३८२	४९९,०००	२१.४	मार्च ११, १८६७	१३५
७१३	टेनेसी न., ब्रीडेंटन	१७,४६०	(७००,०००)	(२३.९)	मार्च ११, १८६७	१३५
७१४	कवलेड न., क्लॉक्सव्हिल	१६,०००	२९०,०००	१८.१	जा. २४, १९३७	१३२
७१५	कवलेड न., नॅशव्हिल	१२,८६०	२०३,०००	१५.८	जा. १, १९२७	१३२
७१६	टेनेसी न., लंडन	१२,३००	३६५,०००	२९.७	मार्च ११, १८९७	१३२
७१७	कवलेड न., काथॅज	१०,७४०	१८३,०००	१७.१	डि. ३०, १९२६	१३२
७१८	टेनेसी न., नाक्सव्हिल	८,९९०	(२५०,०००)	(२७.८)	मार्च १०, १८६७	१३५
७१९					मार्च १, १९०२	१३२
७२०					डि. २९, १९२६	१३२
७२१					मे २१, १९०१	१३५
७२२	कवलेड, सेलिना	७,३२०				
७२३	फ्रेच ब्रॉड न., डॅडिज	४,४४६	(१५५,०००)	(३४.९)		

तबता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीय तथ्यांति असाधारण अधिकृत पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर से. फू.	पुर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७२४	किलब न., किलटन	३,०९०	७४,३००	२५	१८६२	१४२
७२५	हॉलस्टन न., रोजमॉन्टिल	३,०६०	{ (२००,०००)	{ (६५.८)	मार्च १०, १८६७	१३२ १३५
७२६	लिटल टेनेसी न., मॅक् वी	२,४७०	{ (१३७,०००)	{ (५५.४)	जु. २९, १९१८	१२५
७२७	हिवाप्सी न., चार्ल्स टन	२,२९७	{ (१९८,०००)	{ (४७.८)	मार्च १८६७	१३२ १३५
७२८	कॅनी क्रोक, मिन्बर पाईट	२,१००	{ (७०,०००)	{ (३०.५)	एप्रिल २, १९२०	१४२
७२९	हॅची न., स्टॅटन	१,९४०	{ (५३,५००)	{ (३३.२)	मार्च १३, १८८६	१४२
७३०	ओविऑन, ओविऑन	१,८८०	{ (१७८,०००)	{ (८४.४)	मार्च २३, १९२९	१३३
७३१	लिटल टेनेसी न., काल्डरबुड	१,८७०	{ (५६,०००)	{ (३०.४)	जु. २२, १९३५	१३२
७३२	फ्रेच ब्रॉड न., न्यूपोर्ट	१,८६०	{ (७०,०००)	{ (३७.४)	जु. २४, १९३७	१३२
७३३	कॅन्टीफ्रिंक, रॉक आयलंड	१,६४०	{ (१३०,०००)	{ (८६.०)	फे. २८, १९०२	१४२
७३४	डक न., कोलबिया	१,२१०	{ (६२,२००)	{ (३३.४)	एप्रिल ८, १९०३	१४२
७३५	हिवाप्सी न., रिलायन्स	१,१८०	{ (२१०,०००)	{ (१२८)	मार्च २३, १९२९	१४२
			{ (५४,०००)	{ (४४.६)	मार्च ३०, १९०२	१३५
			{ (४३,८००)	{ (३६.२)	मार्च २५, १९२९	१४२
			{ (५५,१००)	{ (४३.७)	नोव्हें. १९०६	६९

तक्ता क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व देशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७३६	नोलीचक्की न., ग्रीनव्हिल	१,१४०	७३,५००	६४.५		१४२
७३७	एल्क न., फेटेव्हिल	८५७	४५,६००	५३.३		१४२
७३८	नोलीचक्की न., एब्रिंगव्हिल	७९५	४२,१००	५३.०	मार्च २६, १९३५	१३२
७३९	एमरी न., हेरिसन	७९३	१५१,०००	१९०	मार्च २३, १९२९	१९३
७४०	एमरी न., ओव्हिल	७६४	(१५०,०००)	(१९६)	मार्च ३, १९२९	१३५
७४१	वाटाउगा न., एलिजाबेथ टन	६९२	६७,७००	८८.६	जा. २, १९३७	१३२
७४२	लिटल टेनेसी न., जड्सन	६७५	(८६,०००)	(१२४)	फे. २८, १९०२	१३५
७४३	कॉलिन्स न., मेक मिनव्हिल	६२४	४०,०००	५७.८	जुलै १६, १९१६	१३२, १३५
७४४	स्टोन्स न., स्मर्न	५५२	५७,५००	८५.२	डिसें.	६६
७४५	ओवे न., वर्ड्स टाऊन	४५२	७५,३००	१२१	मा. २३, १९२९	१४२
७४६	वफेलो न., फ्लेट वूड्स	४३९	४५,०००	८१.५	मार्च २३, १९२९	१३२
७४७	लिटल पिजन न., सेव्हियर व्हिल	३५३	३५,०००	७७.४	जून २९, १९२८	१४२
७४८	न्यू न., न्यू रिव्हर	३१२	३३,८००	७९.४		१४२
७४९	पिनी न., मिप्रगसिटी	९७	३३,०००	९०.७	जून २९, १९२८	१३२
			७०,०००	२२४	मार्च २३, १९२९	१४२, १९३
			१६,५००	१७०		१४२

तक्ता क्र. १-चालू
मुनाग्रटेड स्टेट्स व परदेशीय नवातील असाधारण अधिकृत घर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर. से. फू.	पर टा चौ. मै. से. फू.	पुर्णची तारीख	आधार
७५०	विंग राँक क्रीक, व्हेरोना ग्रवळ	४८.७	२६,४००	५००	जून १८, १९३९	१८५
७५१	हॅडी क्रीक, ग्रासी कोव्ह	४६	१४,६००	३१५	मार्च २३, १९२९	१४२
७५२	राँवर्टसन फोर्क, लिन्डहलच्या पूर्वस	१२.५	६,१००	४९०	जून १८, १९३९	१८५
७५३	विंग राँक क्री., लिन्डहलच्या वर	१३	९,३००	८१०	जून १८, १९३९	१८५
७५४	फोर्कटन की., कुलओका	१०.७	७,३००	६८६	जून १८, १९३९	१८५
७५५	वेलफास्ट, फोर्कटनच्या वर	१०.२	४,०००	३९०	जून १८, १९३९	१८५
७५६	फोर्कटन की., साउथ फोर्क कॅवेलस स्टेशनच्या खाली	८.४	६,१००	७३०	जून १८, १९३९	१८५
७५७	ग्लोब क्री., ईस्ट फोर्क, मॅक्ली स्कूल	६.६	१६,३००	२,४७०	जून १८, १९३९	१८५
७५८	मूस व्हिल क्री., मूस व्हिल जवळ	४.२	६,९००	१,६३०	जून १८, १९३९	१८५
७५९	वेअर क्री., मूस व्हिलजवळ	३.२	३,३००	१,०३०	जून १८, १९३९	१८५
७६०	लिटल मे., ईस्ट फोर्क, पिजिन	०.४	४,५००	११,२००	ऑ. ३०, १९१०	१८२
७६१	मॅक्सन फोर्क, बॅक्सन	०.१७	३२३	१,९००	मार्चिल १९१८	११६
७६२						
७६३						
७६४						
७६५						

तक्ता क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीय नद्यातील असधारण अधिकतम पूर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फु.	पूर दर चौ. मै. से. फु.	पुराची तारीख	आधार
७६६	टेक्सास :					
७६७	रिओग्रँड, डेल रिओजवळ	१२२,३१८	६०४,५९०	४.९	से. १, १९३२	१२६
७६८	कोलोरॅडो न., ऑस्टिन	२६,३५०	४८१,०००	१८.३	जून १५, १९३५	१५०
७६९	सॅन्जुआन न., रोझविया स्टेट.	१३,०००	३३५,०००	२६		१३५
७७०	कोलोरॅडो न., स्ट्रेसी जवळ	११,६६०	३५६,०००	३०.५	से. १८, १९३६	१५०
७७१	लिटल न., केमरॉन	७,०३४	६४७,०००	९२	से. १०, १९२१	१५०
७७२	काँची न., वेंट रॉक जवळ	५,२५७	३०१,०००	५७.३	से. १३, १९३६	१५०
७७३	लिटल न., लिटल रिव्हर जवळ	५,२४०	३३१,०००	६३.२	से. १०, १९२१	१५०
७७४	काँची न., सॅन गॅब्रियेल जवळ	४,२१७	२४६,०००	५८.३	ऑग. ६, १९०६	१५०
७७५	डेव्हिल्स न., डेलरिओ जवळ	४,०६०	५९७,०००	१४७	से. १, १९३२	१५०
७७६	लॅनो न., कॅस्टेलजवळ	३,५१४	३८८,०००	११०	जून १४, १९३५	१५०
७७७	फिओ न., डर्बीजवळ	३,४९३	२३०,०००	६५.८	जुलै ४, १९३२	१५०
७७८	सॅन जॉसिटो न. हफमन	२,७९१	२५३,०००	९०.६	नोव्हें. १९४०	१८८
७७९	डेव्हिल्स न., जूनो जवळ	२,७३३	३७०,०००	१३५	से. १९३२	१२९
७८०	न्यूमेस न., उव्हॅल्डे जवळ	१,९३०	६१६,०००	३१९	जून १४, १९३५	१५०
७८१	सॅन जॉसिटो न., हंबल जवळ	१,८११	१८७,०००	१०३	नोव्हें. १९४०	१८८

तक्ता क्र. १-चाळू
धुनायटेड स्टेड्स व परदेशांतील नद्यातील अमाधारण अधिकृत पुर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर से. फू.	पुर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७८२	लॅनो न., जंक्शन जवळ	१,७६२	२१९,०००	१८१	जून १४, १९३५	१५०
७८३	लोझिअर क्री., लॅगट्टीजवळ	१,७२८	१९७,०००	११४	मे. ४, १९३५	१५०
७८४	वॉर्थ क्रांचो न., सेंट एंजेली	१,६७५	१८४,०००	११०	मे. १७, १९३६	१५०
७८५	पेक्न व्हाय, ब्राउनवुड जवळ	१,६१४	२३५,०००	१४६	जुलै ३, १९३२	१५०
७८६	पेडर नेल्सन न., स्पार्टमवुड जवळ	१,२९४	१५५,०००	१२०	मे. २८, १९२९	१५०
७८७	सेन मॅरकस न., ऑटिन	१,२४९	२०२,०००	१६२	मे. २०, १९२९	१५०
७८८	ग्वाडालूप न., कॅपटजवळ	९,१६	१८२,०००	१९९	जुलै १, १९३२	१५०
७८९	वेस्ट न्यूबेन न., क्लॉईन जवळ	८८०	५३६,०००	६०९	जून १४, १९३५	१५०
७९०	फ्रायो न., उव्ह्वाग्डे जवळ	८४०	१४८,०००	१७६	जुलै ३, १९३२	१५०
७९१	सेन जॉर्जिनो, कॉनरो	८३२	११०,०००	१३२	नोव्हें. १९४०	१८८
७९२	न्यूसेस न., लेगना	७६४	२१३,०००	२७९	जून १४, १९३५	१५०
७९३	डाय रेव्हिल न., मुखाजवळ	७४८	१२९,०००	१७२	मे. १, १९३२	१५०
७९४	जिम नेड क्री., वाउनवुड जवळ	६६८	१८७,०००	२८०	जुलै ३, १९३२	१५०
७९५	ग्वाडालूप न., कोव्हिल	५७०	१९६,०००	३४४	जुलै १, १९३२	१२९
७९६	सेंट लिजोनो न., रेल्ग्राह जवळ	५४०	१६०,०००	२९६	जून १४, १९३५	१५०
७९७	सेकमूर क्री., डेल रिओजवळ	५२४	२१५,०००	४१०	जून १४, १९३५	१५०
७९८	सॅडीज क्री., वेम्थॉप जवळ	४९३	९२,७००	१८८	जुलै २, १९३६	१५०

तक्ता क्र. १-चाल
युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण अंत्र चौ. मी.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. स. से. फू.	पुराची नारीचि	आधार
७९९	क्रिओ न., ऑकॅन	४८५	१६२,०००	३३४	जुलै १, १९३२	१३१
८००	साऊथ कॉर्बो न., विस्टोवाल	४३४	८०,१००	१८५	मे. १७, १९३६	१५०
८०१	सेन गॅब्रियल न., जॉर्जटाउन	४३१	१६०,०००	३७१	मे. १०, १९३१	६७
८०२	व्हॅको न., सेन मॅकॉर्स जवळ	४२०	१३९,०००	३२४	मे. २८, १९३०	१५०
८०३	वेस्ट स्प्रिंग्स न., ब्रॅकटोव्हिल जवळ	४२२	५८०,०००	१,४४०	जून १८, १९३५	१५०
८०४	हॉडो क्री., हॉडोजवळ	४००	७४,८००	१८७	जुलै २, १९३२	१५०
८०५	व्हॅको न., विवॉल	३७८	११३,०००	२९९	मे. २८, १९३३	१५०
८०६	टेंचा क्री., जॉर्जीन जवळ	३७४	११७,०००	३१३	जुलै २४, १९३३	१५०
८०७	पॅब्लो क्री., थॉम्सन जवळ	३७०	८४,५००	२२७	मे. २७, १९३३	१५०
८०८	क्रिओ न., क्रिओ क्रिओ	३७१	१२८,०००	३४५	जुलै १, १९३३	१५०
८०९	लम क्री., ललीता जवळ	३५६	७८,५००	२२०	जुलै १, १९३३	१५०
८१०	ओनियन क्री., डेलव्हेल जवळ	३३७	१६८,०००	४०९	मे. १०, १९२१	१५०
८११	ग्वाडालुप न., डॅम जवळ	३३६	२०६,०००	६१३	जुलै १, १९३२	१५०
८१२	जेम्स न., मेसनजवळ	३३६	८५,९००	२५६	जुलै २, १९३२	१५०
८१३	सॅविनाह न., सॅविनाह	२५८	३१,७००	२७८	जुलै १, १९३०	१५०
८१४	पिटो क्री., डेलरिओ जवळ	२२९	५४,६५०	२३६	ऑ. ३१, १९३२	१५०
८१५	पेट क्री., टल्मार्फ जवळ	२१८	६०,३००	३१८	जून १४, १९३५	१५०

तक्ता क्र. १-बालू
धुनाफटेड स्टेट्स व परदेगांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पुर.

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निस्सारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. से. फू.	पुर. चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
८१६	सेकों की., ड. हॅनिम जवळ	१५३	२६०,०००	१,५००	मे ३१, १९३५	१५०
८१७	ओनिअन की., वुडा जवळ	१५१	५३,२००	३५२	मे २८, १९२९	१५०
८१८	सेलेडों की., मॅलेडों	१४८	१४,३००	९६६	मे. १०, १९२१	६७
८१९	डाथ फायो न., रीगन वेल्स जवळ	१२०	६४,७००	५३०	जून १४, १९३५	१५०
८२०	कॉम्पेरास की., रुइब्रेट जवळ	११८	९८,९००	८३८	मे १५-१६, १९३६	१५०
८२१	वार्डेन की., विले जवळ	११४	३९,४००	३४६	मे २८, १९२९	१५०
८२२	जॉन्सन की., हॅग्रॅम जवळ	१११	१३८,०००	१,२४०	जुलै २, १९३२	१५०
८२३	ड. फोर्की, ग्वाडाळुपे न. हंट जवळ	११०	१०८,०००	९८२	जुलै १, १९३२	१५०
८२४	टेरेट्ट डों., फोर्ट मॅकबेट जवळ	१०३	३५,८००	३४८	मे १६, १९३६	१५०
८२५	मॅडीज की., डेलिट्ट जवळ	९५	५४,३००	५७२	जुलै १, १९३६	१५०
८२६	व्हॉको न., व्हॉको जवळ	९२.२	४३,५००	४३२	मे २८, १९२९	१५०
८२७	सेंट ऑटोनिओ न., सेंट पेद्रो क्रोकाया खाली	८५.०	४२,४२७	४९९	मे. १०, १९२१	१५०
८२८	वेस्ट फोर्क, कॉपेरास की., रुइब्रेट जवळ	८१	५०,४००	६२२	मे. १६, १९३६	१५०
८२९	पेकन की., सेंट एंजेलो जवळ	८१	३०,५००	३७७	मे. १५, १९३६	१५०
८३०	विन्ड्रेस की., चायना रिम जवळ	७९	४७,०००	५३५	मे. २६, १९३६	१५०

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेजातील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर. से. फू.	पूर. दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
८३१	ईस्ट फॉर्क, फायो न., लीकीजवळ	७५	८९,५००	१,१९०	जुलै १,	१५०
८३२	ब्रशी क्री., राऊंड रॉक	७४.७	३४,५००	४६२	से. १०,	६७
८३३	हॅमिल्टन क्री., माबेल फॉर्म जवळ	६७	२९,१००	४३५	से. १५,	१५०
८३४	साऊथ फॉर्क, खांडालप न. व्हिक्टोरिया	६५.३	८४,३००	१,२९०	जुलै १,	१५०
८३५	सेन फोर्क क्री., डेलरिओ	६२	४५,०००	७२६	जून	१२६
८३६	ईस्ट फॉर्क जेम्स न. ऑल्ड नॉन्क्सव्हिल	६०.८	१०५,०००	१,७३०	जुलै १,	१५०
८३७	फ्लॅट फॉर्क क्री. सेटर जवळ	५८	४२,२००	७२८	जुलै २४,	१५०
८३८	मेडिना नदीचा नॉर्थ फोर्क लिमा	५४	४०,२००	७४४	जुलै १,	१५०
८३९	ग्रेप न., काल्स्वाद जवळ	५३	३१,८००	६००	से. १७,	१५०
८४०	सेन पेड्रो क्रीक, अपेक क्रीकच्या खाली	४३.५	३२,४४३	६९८	से. १,	१५०
८४१	सॅविना न., व्हॅडरपूल	४५.७	५२,३००	१,१४०	जुलै २,	१५०
८४२	सेन अँटोनियो, सॅन अँटोनियो	३४.३	२३,७००	६९१	से.	६७
८४३	ई. फोर्क टेरेंट ड्रॉ, कोलकिलन ड्रॉ. च्या खाली	३३	१८,७००	५६७	से. १६,	१५०
८४४	ई. फोर्क, ग्रेप क्री. काल्मबॉद जवळ	३२	२३,५००	७३४	से. १७,	१५०
८४५	ओनील क्री. लीनव्हिल जवळ	३०	३०,०००	१,०००	जुलै १,	१५०
८४६	ऑल्मान क्री. सॅन अँटोनियो	२६.४	२८,०००	१,०६०	से. १,	१५०

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर मे. फू.	पूर दर चौ. मै. स मे. फू.	पुराची तारीख	आधार
८४७	वाँज क्री., फुल्लोजवळ	२६	१५,१००	५८२	से. १९२१	७१
८४८	अपेक क्री., सेंट अँटोनियो	२३.८	२२,६००	९४८	जून २२	६७
८४९	अँटस्कोसा न. बेटन सिटी जवळ	२१.३	२५,९००	१,२२०	१९२४	१५०
८५०	माटोल्स क्री. सेंट अँटोनियो	१९.६	२३,९००	१,२२०		७१
८५१	ई. फोर्क, टेरेट क्री., कोल किल झॉब्या वर	१९	१२,१००	६३७	से. १६	१५०
८५२	अलाबामा क्री. सेंट अँटोनियो	१७.१	३३,४००	१,९५०	से. १९२१	१६५
८५३	प. फोर्क, ग्रेप क्री., कास्काद जवळ	१७	१४,२००	८३६	से. १७,	१५०
८५४	डाय क्री., सेंट अँजेलो जवळ	१४	२४,६००	१,७६०	से. १७,	१५०
८५५	बेटन शाखा, काईल न. जवळ	४.१	१३,८००	३,३७०	जून ३०,	१५०
८५६	सेबन माईल झों, अँमिस	२.४	५,९४०	२,१४०	मे. २६,	१५०
८५७	रेड बँक क्री., सेंट एंजेलो जवळ	०.७६	२,४९०	३,२८०	से. १७,	१५०
८५८						
८५९						
८६०						
८६१						
८६२						

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशोंतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पर. सें. फु.	पूर दर चौ. मै. स. फु.	पुराची तारीख	आधार
८६३	उटा :					
८६४	ग्रीन नदी, ब्लेक	३८,२००	६७,२००	१.७६	मे १८९७	१२०
८६५	व्हर्जिन नदी, व्हर्जिन सिटी	१,०१०	१२,०००	११.९	१९१२	७२
८६६	वेबर नदी, ओवेल	१६३	४,०८०	२५		६९
८६७	फार्मिग्टन कॅनिऑन, फार्मिग्टन	७	२,४५०	३५०	ऑगस्ट १९२३	७४
८६८	नॉर्थ कॅनिऑन, सेंट्रल व्हिलजवळ	४	१,८००	४५०	ऑगस्ट १९२३	७४
८६९	चायना बाँस, हरिकेन जवळ	१.१	५५०	५००	ऑगस्ट १९१६	७४
८७०						
८७१						
८७२						
८७३						
८७४	व्हर्साटि :					
८७५	कॅनिक्टुगट न., व्हाईट नदी जंक्शन	४,०६८	१३६,०००	३३.४	नो. ४, १९२७	१३६
८७६	ब्रीनस्की न., इसलम जंक्शन	१,०७०	११६,०००	१०८	नो. ४, १९२७	१३६
८७७	व्हाईट न., वेल्ट हाई फंडे	६९०	१२०,०००	१७४	नो. ४, १९२७	१३६
८७८	ब्रीनस्की न., मांटगेलिअर	४३३	५७,०००	१३०	नो. ३, १९२७	१३६

तबला क्र. १-लाह
मुनाग्रटेड स्टेट्स व देशातील नद्यांची अक्षिकनम प्र

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मं.	दूर मं. फू.	प्रवाह चौ. मं. फू.	प्रवाची नदी	आधारा
८७७	कूर्जोनिधा :					
८८२	जेम्स न., रिचमंड जवळ	६,७५७	१,८,०००	२३.४	मार्च १९३३	१७२
८८३	स्टाटिन न., रंडोल्फ	३,०८०	७५,०००	२४.४	डिसेंबर १९०१	१२०
८८४	डेन न., माऊथ रोस्टन	२,७३०	८१,०००	२९.६	ऑ. १६, १९४०	१३५
८८५	न्यू नदी, रंडोल्फ	२,७२५	१७४,०००	३३.८	१९००	२१४
८८६	जेम्स न., कुर्जन	२,०८४	९२,२००	४४.३	मार्च २७, १९१३	१७२
८८७	फेनान्डोह न., फोर्क, फोर्ट रॉयलजवळ	१,६३८	११३,०००	६९	मार्च १८, १९३६	१७२
८८८	रॅप्पाहेनॉक, फोर्ड्सवर्ग जवळ	१,५९९	६६,०००	४१.३	मे १३, १९२४	१५४
८८९	जेम्स न., नॉ. फोर्क, ग्लॅस्को	८३१	३३,२००	४४.८	१८०३	७१
८९०	रोनोको नदी, रोनाको	३८८	२८,०००	७२	ऑ. १६, १९४०	१३५
८९१	ग्रेग की, पार	३३१	२१,५००	६५	जु. २३, १९३५	१७३
८९२	पॉविल नदी, पेनिस्तन	३०४	३८,९००	९५.०	१९३५	१४२

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील अधिकृत मूल

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची नाराख	आधार
८९३	दल्लक वॉटर न., युनिथन हॉल जवळ	२०८	१९,७००	९५	ऑ. १४, १९४०	१३५
८९४						
८९५						
८९६						
८९७						
८९८						
८९९	वॉशिंग्टन :					
९००	कोलंबिया, गॅडकुली	७०,०००	४१२,०००	७.०३	१८९४	१५
९०१	क्लाक फोर्क, न्यू पोर्ट	२४,२००	२१७,०००	८.१८	१९०६	६९
९०२	याकीमा नदी, किओना	५,५२०	६३,५००	११.५	१९०६	७२
९०३	याकीमा नदी, युनिथन गॅप	३,५५०	६३,९००	१८.०	१९०६	९९
९०४	याकीमा नदी, उम्टेनम	१,६२०	४१,०००	२५.३	१९०६	१७८
९०५	काउलिट्झ न., मांसी क्री.	१,१७०	५०,९००	४३.५	१९०६	७२
९०६	याकीमा न., केल एल्लम	५००	२५,६००	५१.२	१९०६	१७८
९०७	केले एल्लम लेक, रॉस्कीन	२०२	१८,७००	९३	१९०६	१७८
९०८	वेकर न., अँडर्सन क्री. जवळ	१८४	३६,८००	२००	१९१३	११९
९०९	सेडर न., लँडस्वर्ग	१३६	१३,६००	१००	नो. १९, १९११	१७८

तक्ता क्र. १-चालू
मुनाथेट स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील अनांधारण अधिकृत पुर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निस्सारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. मै. फू.	पुर. दर चौ. मै. स. फू.	पुराची तारीख	आधार
१०९	व्यानूची न., मांटिसानोवबळ	१०५	२५,०००	२३८	फे. ११, १९२४	१९
११०						
१११	वेस्ट व्हर्जीनिया :					
११२	ओहिओ न., पार्कस्वर्ग	३७,९५०	६५०,०००	१७.१	मार्च ३०, १९१३	१७५
११३	ओहिओ न., व्होलिंग	२३,८००	५०७,०००	२१.३	फेब्रु. १८८४	१९
११४	कनाव्हा, कनाव्हा प्रपात	८,३७६	२७०,०००	३२.२	मे. १४, १८७८	१७२
११८	पेटोमॅक न., शेफर्ड्स टाऊन	५,९३६	३३५,०००	५६.५	मा. १९, १९३६	१३५
११९	रोनान्डीह न., मिलव्हिल	३,०४०	१५०,०००	४९.४	मार्च १९३६	१७२
१२०	मोनान्डीह न., हाऊल्ट	२,४३०	९१,५००	३८	जु. १९१९	१८७
१२१	पेटोमॅक न., व. फाटा, मिगफील्ड जवळ	१,४७१	१४३,०००	१३.२	मार्च १९३६	१७२
१२२	चीट न., मोनॅन्टाऊन	१,३८०	१६०,०००	११३	जुलै १८८८	१८७
१२३	चीनझायर न., अल्डर्सन	१,३४४	६२,६००	४६.५	मार्च १९१३	६९

तक्ता क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यांनील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर मे. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
१२४	टायगार्ट न., फेटर्मन	१,३०४	७४,३००	५७	जुलै १९१२	१८७
१२५	बिग सॅडी न., टाफोर्क, कर्मिट	१,१८५	(७०,०००)	(५९.१)	मा. २९, १९१३	१३२
१२६	एल्क न., क्वीनशील्स	१,१४५	९१,३००	७९.७	जुलै ५, १९३२	१३२
१२७	चीट न., राउल्सबर्ग	९७२	६५,२००	६७	फेब्रु. १९३२	१८७
१२८	मीनानाहेला बे. फोर्क, गॅटरप्राईज	७५९	(७०,०००)	(९१.५)	जुलै १०, १८८८	१३२
१२९	चीट न., पासोता जवळ	७१९	८५,०००	११८	जुलै १८८८	१८७
१३०	गॉलि न., समरव्हिल	६८६	९२,०००	१३४	जुलै ४, १९३२	१४४
१३१	कॅक्पॉन न., ग्रेट कॅक्पॉन जवळ	६७०	१०३,०००	१५४	मार्च १९३६	१७२
१३२	मिडल आयलंड क्री. लिटल	४५८	(४५,०००)	(९८.३)	ऑग. १८७५	१३२
१३३	कोल न., अँसफर्ड	३९३	४०,७००	१०४	ऑ. ९, १९१६	१३२
१३४	पोटोमॅक न., द. फाटचाचा द. फोर्क, सुफील्ड जवळ	२७१	४३,०००	१५९	मार्च १९३६	९९
१३५	शेवर्स फोर्क, पार्सन्स	२३०	२५,०००	१०९	जुलै १९०७	१८७
१३६	शेवर्स क्री., रॉकव्हिल	२००	३०,०००	१५०	जुलै १९०७	१८७
१३६ए	शेवर्स फोर्क, चीट ब्रिज	५७.५	११,०००	१९१	जुलै १८९६	१८७
१३७	एक्व्हॉर्न क्री., कोस्टोन	४४	६०,०००	१,३६०	जून १९०१	३४

तक्ता क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशीनिल नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. से. फू.	पूराची तारीख	आधान
१३८	विस्काँन्सिन :					
१३९	मिसिसिपी न., प्रेस्कॉट	४,१,०००	१३४,०००	२.१८	ए. ३०, १८८१	१३२
१४०	विस्काँन्सिन न., मस्कोडा	१०३००	८०,८००	७.८४	से. १६, १९३८	१३२
१४१	विस्काँन्सिन न., किलमवर्न	८,०००	८०,०००	१०.०		९०
१४२	विष्पेवा न., यू क्लेअर	६,७४०	६०,७००	९.०	जून १९०५	१
१४३	विस्काँन्सिन न., नोसिडा	५,८००	९३,४००	१६.१	जून १९०५	१२०
१४४	विष्पेवा न., विष्पेवा प्रपात	५,६००	७८,०००	१३.९	माच २७, १९२०	१३२
१४५	विस्काँन्सिन न., मेरिलजवळ	२,७८०	४५,०००	१६.२	जुलै २४, १९१२	१३२
१४६	वॅलेक न., नोल्स व्हिल	६७५	२३,१००	३४.२		६९

तक्ता क्र. १-चालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यांतील असाधारण अधिकृतम पुर

क्र. नं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर. से. फू.	पुर. दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
९५३	व्योमिंग : बिग हॉर्न न., हार्डीन बिग हॉर्न, थर्मोपोलिस पावडर न., आर्बाडा साल्ट क्री., जलाशयाखाली साल्ट क्री., स. ३६, टी ४१ एम् आर ७९ डब्ल्यू लार्मी जलाशय निर्गमहार, लार्मी	२०,७००	४०,८००	१.९७	१९०८	७२
९५४		८,०८०	२९,८००	३.७	जुलै २४, १९२३	१२५
९५५		६,०५०	९५,०००	१५.७	से. १९२३	११२
९५६		७९४	४८,४००	६१	से. १९२३	११२
९५७		५२०	३२०,०००	६१०५	से. २७ १९२३	९६
९५८		७२.०	६,९८०	९७	माचै १९१३	३८
९५९						
९६०						
९६१						
९६२						
९६३						
९६४						
९६५						
९६६						

तथता क्र. १-बालू
युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पुर

क्र. सं.	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पुर से. फू.	पुर वर्षा. मै. स. फू.	पुराची तारीख	आधार
१६७	परदेशीय : अमेझॉन न., युबाजबळ, ब्राझील	२,३६८,०००	७,११०,०००+	३.०		१६
१६८	अमेझॉन न., ओबिडो, ब्राझील	१,९४१,०००	६,८१०,०००+	३.५		१६
१६९	यांगत्सी सियंग न., चीन	१,१००,०००	३,०००,०००+	२.७३		१२
१७०	गंगा नदी, भारत	३६७,९७०	१,८००,०००	४.९		१२
१७१	इरावती नदी, भारत	१४९,८००	१,९००,०००+	१२.७		१३
१७२	व्हाईन, जर्मन-डच शीव	८६,६२०	४५९,०००	५.३		१८१
१७३	व्हाईन, एमेरिच, जर्मनी	६२,०००	४२५,०००	६.९		१६५
१७४	फिट्सरॉय न., ऑस्ट्रेलिया	५८,०००	६१३,०००	१०.६	१८९६	८५
१७५	डॅयुव, व्हिएना, ऑस्ट्रिया	३६,६००	८९५,०००	१२.५	१५०१	१०७
१७६	कागायाोन न., ल्मोन, फिलिपाईन बेटे	४,१००	९८०,०००	२३.१	डिसें. ८, १०३६	१२५
१७७	सेन जुआन न., चोयना, मेक्सिको	३,३६०	२५०,०००	७४	डि. २८, १००९	१३८
१७८	चॅप्रेस न., गटनजबळ, पनामा	१,३२०	१२४,०००	९३.९	डि. २८, १००९	३२
१७९	मुसी न., हैद्राबाद, भारत	८३२	४२५,०००	४९.३	१९०८	१०५
१८०	अडके न., व्हेनच्या संगमाजबळ, फ्रांस	८३१	३१८,०००+	३८.२	१८२३	३३
१८१	दुब्रुवर्णी न., भ. रत	५८७	१९१,०००	३२.४	१८२३	१०७

तक्ता क्र. १-चालू
मुनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

क्र.सं.	प्रवाह आणि स्थान	अल निवारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
१८२	सैदा कॅटांग न., माँटिसो, मेक्सिको	५४८	२३५,०००	४३२	ऑ. २७, १९०९	९१
१८३	कुष्णा नदी, भारत	३४५	११८,०००	३४३		९३
१८४	इरिट्री नदी, भारत	३३६	१५०,०००	४४६		१०७
१८५	आर्डेके न., ऑबिनाम, फ्रान्स	१७८	१२३,५००	६२४		९३
१८६	ऑर्वा न., जलज्या जवळ इटली	५८	८०,०००	१,३८०	ऑग.	१३०
१८७	ताम्सा नदी, भारत	५२.५	३५,०००	६६७		९३
१८८	ऑर्वा न., व्हॅले ऑर्विसेला, इटली	४२	५४,६००	१,३००	ऑग.	१०८
१८९	बॉल्स, लियू जवळ, नवार्ड, हवाई	२३	४५,०००	१,२५०	जाने.	७८
१९०	एल्ब न., हेडवॉडर्स, जर्मनी	२०	३५,०००	१,७५०	जुलै ९.	१३५
१९१	ऑर्वा न., माँटिसो, इटली	१८.३	३४,२००	१,८७०	ऑग.	१२८
१९२	ऑर्विसेला न., इटली	१०	२०,१००	२,०१०	ऑग.	१२८
१९३	कानिबे, ओआहु, हवाई	५.३	११,०००	२,०७०	जाने.	७८
१९४	कौकोनाहुजा, अपरडॅम ओआहु, हवाई	४.५	७,२२०	१,६००	जाने.	७८
१९५	नूआनु, जलशय क. ४, ओआहु, हवाई	१.५	२,४००	१,६००	फेब्र.	७८
१९६	मानुआ, पू. फाटा, ओआहु, हवाई	१.१	३,०१०	२,४१०	ऑग.	७८
१९७	मानुआ, प. फाटा, ओआहु, हवाई	१	३,०५०	२,४१०	ऑग.	७८

प्रामाण्यसूचि

सारणी क्र. १ मध्ये निर्देशिलेले

- ११५ ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इ. १९१४, पा. ६६२, ख्रि. वा. एमिल कूचलिंग यांनी सूचिवद्ध केलेली प्रामाण्ये
- ११६ ट्रॅ. अमे. सो. सि. इ. १९२६, पा. १०३०, सी. एस्. जॉर्जिस यांनी सूचिवद्ध केलेली प्रामाण्ये
- ११७ इ. न्यूज रेकार्ड, खंड ११५, पा. १६२
- ११८ यू. एस्. जिऑलॉजिकल सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८०६
- ११९ इंटर्न. वाजंड्री कमिशन, वापिक अहवाल, (युनायटेड स्टेट्स व मेक्सिको)
- १२० इज. न्यूज रेकार्ड, खंड ११७, पा. ४७४
- १२१ इज. न्यूज रेकार्ड, खंड ११७, पा. ६५५
- १२२ इज. न्यूज रेकार्ड, खंड ११५, पा. ६१०
- १२३ यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर ७४८
- १२४ यू. एस्. जिऑलॉ. वॉटर सप्लाय पेपर—संकीर्ण
- १२५ यू. एस्. जिऑलॉ. वॉटर सप्लाय पेपर—७७३ ई
- १२६ पेन्सिल्वानियातील १९३६ मार्चचे पुर, शासकीय प्रकाशन, १९३६ पुर अहवालांची सारणी
- १२७ अनधिकृत अगर अप्रसिद्ध जलविज्ञानीय माहिती
- १२८ जे. बॉस्टन सो. सि. इ., ऑक्टो. १९३६, पा. २९१
- १२९ मेक्सिकन आयोग, सिवाई अहवाल
- १३० इ. न्यूज रेकार्ड, खंड ११७, पा. २४३
- १३१ अ. सि. इ. हंडबुक, १९३० आवृत्ति, पा. १४१८
- १३२ एच. डॉक. क्र. १४९, ७२ वी काँग्रेस, १ ले अधिवेशन, पा. १९
- १३३ टेनेसी जिऑलॉ. सर्व्हे बुलेटिन, ४०, १९३१
- १३४ यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७५८
- १३५ यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७५९
- १३६ इ. न्यूज रेकार्ड, खंड ११६, पा. ८३६
- १३७ यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटर सप्लाय पेपर ७८३
- १३८ डिपार्टमेंट, वॉटर अँड पावर, लॉस एंजेलिस
- १३९ मिलिटरी एंजिनिअरिंग, मे-जून १९३७, पा. १६८

- १५० सि. इं. जुलै १९३७, पा. ४९३
 १५२ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ७९६B
 १५३ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ७९८
 १५४ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ७८१
 १५५ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ६६२
 १५६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ६९७
 १५७ इ. एक्सेरिमेंटल स्टेशन बुलेटिन, २९६, इलिनॉइस युनिव्हर्सिटी
 १५८ जे. न्यू इंग्लंड वॉटर वर्क्स असोसिएशन, सेप्टेंबर १९३७
 १६० इ. न्यूज रेकार्ड खंड ११४, पा. १७८
 १६१ इ. न्यूज रेकार्ड खंड १२०, पा. २२७
 १६२ इ. न्यूज रेकार्ड खंड १२०, पा. ३४९
 १६४ लॉस एंजेलिस काउंटी फ्लड कंट्रोल डिस्ट्रिक्ट
 १६५ रिपोर्ट ऑन फ्लड कंट्रोल इन जर्मनी, डब्ल्यू. डब्ल्यू. वॉर्नमेकर यांचा,
 यू. एस्. इ. स्कूल, फोर्ट बेल्व्हॉयर व्हिप्प. यांनी प्रसिद्ध केलेला. फेब्रु. १
 १९३८
 १६६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७९९
 १६७ यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटर सप्लाय पेपर ८०९
 १६९ ट्रेन्स अमे. जिओफि. यूनियन, जुलै १९३७, भा. २, पा. ४०९
 १७० इ. न्यूज रेकार्ड, खंड ९५, पान २८०
 १७१ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८११
 १७२ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८००
 १७३ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८१३
 १७४ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७८५
 १७५ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ५६१
 १७६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७८२
 १७७ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८१४
 १७८ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८१२
 १८० वेस्टर्न कन्स्ट्र. न्यूज, सेप्टेंबर १९३८, पा ३२८
 १८१ मिलिटरी इंजनि., मे-जून १९३८, पा १६७
 १८२ सि. इं जून १९३८, पा. ४०६
 १८३ इ. न्यूज रेकार्ड, खंड १२१, पा. ४२८

- १८४ जे. वॉस्टन सी. सि. इं. ऑफिसो. १९३८, पृ. ४९९
- १८५ टी. व्ही. ए. चा लेव्हिन्सवर्थच्या जवळच्या, टेनेसी येथील १८ जून १९३९ च्या वादळावरील रिपोर्ट
- १८६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८४२
- १८७ पेन्सिल्व्हेनिया नाल्यासंबंधी पुरप्रवाहाची माहिती, हायड्रोग्राफी विभाग, फॉरेस्ट आणि वॉटर डिपार्टमेंट, कॉमनवेल्थ ऑफ पेन्सिल्व्हेनिया
- १८८ बोर्ड ऑफ वॉटर इंजनिअर्स, ऑस्टिन, टेक्सास
- १८९ नॉर्थ कैरोलीना सि. इं., ऑगस्ट १९४१, पृ. ६
- १९१ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटर सप्लाय पेपर ८७२
- १९२ जलविज्ञान विषयक माहितीचा द्विवाचिक अहवाल, लॉस एंजेलिस कौंटी फ्लडकंट्रोल डिस्ट्रिक्ट, जून ३०, १९३९
- १९४ टेनेसी नदीच्या खोऱ्यातील ऑगस्ट १९४० चे पुर टी. व्ही. ए. मायनोप्राफिकल रिपोर्ट.
- १९५ यू. एस. जिऑलॉजिकल सर्व्हे प्रेस रिझीज, नोव्हें. १९४१ (प्राथमिक माहिती)
- १९६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८४७, "सप्टेंबर १९३८ मधील नाला मापन केंद्रावरील अत्युच्च निसार"
- १९७ यू. एस. इं. ऑफिस रेकॉर्ड्स (लो डॅम्समध्ये प्रसिद्ध केलेले, बाब ३७०b)
- १९८ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हेच्या लॉस एंजेलिस जिल्हा कचेरीतील अप्रसिद्ध आणि प्राथमिक अहवाल
- २०० लॉस एंजेलिस आणि कौंटी फ्लड डिस्ट्रिक्ट चे जलविज्ञान स्थापती एम. एफ. वर्क यांचे "२ मार्च १९३८ चा पुर", परिशिष्ट सारणी क्र. ७
- २०१ सप्टेंबर १९३२ च्या वादळातील टेकाचाणी पुरप्रवाहावरील अहवाल, (अप्रसिद्ध), लॉस एंजेलिस कौंटी फ्लड कंट्रोल डिस्ट्रिक्ट

आडळून आले आणि मेयरनीसुद्धा पुष्कळ वेळा उल्लेख केलेल्या मेयरच्या समीकरणांमध्ये n चे मूल्य ०.५ च धरले आहे (अ. ६१, प. ३१ पाठ १९४). हॅजेन यांनी (पा. ६५, प. ३२) सरासरी पुरावर आडळल्या अदलादिक सागराच्या किनाऱ्यावरील नद्यातील पुरांचे बाबतीत n चे मूल्य ०.८ धरले आहे.

कोलॉरॅडो, व्यामिंग आणि आरिझोना यांतील पुरांचे अस्वाभाविक उदरपात असे आडळून आले की n चे मूल्य निर्निगळ्या क्षेत्रप्रमाणे बदलत जाते आणि ते ०.३ पासून ०.६९ पर्यंत असते. त्याची सरासरी ०.४५ येते. परंतु धातुगत क्षेत्रांतील n चे मूल्य अनुवापणे निश्चित करण्याकरिता पुरेणाऱ्या पुरांचे निरीक्षण केलेले नव्हते.

आकृति ५ चे अवलोकन केल्यास असे दिसून येते की काही थोडे उदरपात पुर वगळल्यास इतरांचे बाबतीत, ज्यामुळे निःसारणक्षेत्रांच्या दर ची n वाढते, अधिकतम पुरांतील अंदाजी फारफाची कल्पना येईल असे अस्वाभाविक बळ आरंभित करणे शक्य आहे. अशा नदरेचे रेखावक आ. ५ मध्ये दाखविले आहे.

यावरून असे दिसते की n चे मूल्य स्थिर नसून त्याचे अंदाजी व्यापक खालीलप्रमाणे आहे :—

$$n = \frac{n^1}{A^k} \quad (३)$$

आणि अशा अन्वालोपी वक्राचे^१ समीकरण खालील स्वरूपाचे असते.

$$Q = 46CA (0.894A^{-0.048}) \quad (४)$$

$$\text{किंवा तत्सम} \quad q = 46CA (0.894A^{-0.048})^{-1} \quad (४अ)$$

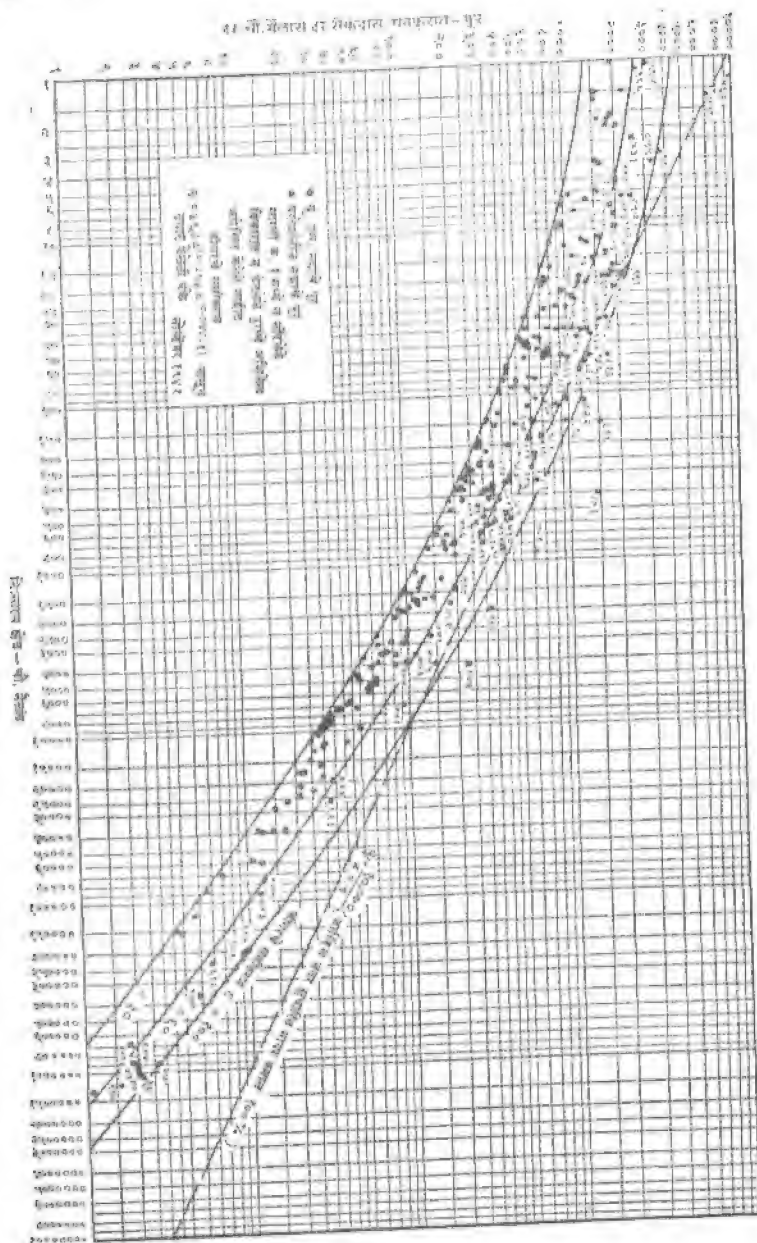
१९४० मधील नॉर्थ कॅरोलिना येथील वादळ (पूर ५५०, ५६० व ७६०)^२, १९३५ मधील टेक्सस येथील वादळ (पूर ७८०, ७८९, ८०३, ८१६) या दोन वादळांमुळे आलेल्या असामान्य पुरनिःसारणाची माहिती सोडून बाकीच्या पुरांचे बाबतीत आ. ५ मधील अन्वालोपी वक्र $C=१००$ धरून बाकी सर्व अल्पच पुरांच्या सामान्य लक्षणांशी जुळता असल्याचे दिसून येते. याशिवाय फिलिपाईन्स मधील (१७६) एका असाधारण पुरासंबंधी अनधिकृत माहिती उपलब्ध होती.

१ ई. न्यु. रेकाड, ऑगस्ट १०, १९३३, पा. १७१.

२ समीकरण ४ व ४अ ही नेहमी ज्ञात असलेल्या अर्थाचे 'पुरांची सूत्रे' नाहीत.

४ ०-४ ची. मलातील दर सेकंदास ११२०० घ. फू. पूर हा आ. १ शी विषम आहे.

३। बी.के.एस. दर विभाजन, गव.प्र.प.प. - पुर



या पुरांची कारणमीमांसा करता येण्याजोगी नाही. या पुरांचा अंदाज युनायटेड स्टेट्सच्या भूतत्त्वीय सर्वेक्षण यंत्रणेने केला होता. आणि या लेखाचे विनंतिवरून टेक्सासमधील या माहितीचे पुनः परिशीलन केले होते. नेहमीच्या मोठ्या वादळात निर्माण होवामानाहून या दोन पुरांचे वाबतीत भिन्न हवामान असले पाहिजे आणि हे पूर अगदी वेगळ्या स्वरूपाचे असले पाहिजेत असे दिसते. अशा परिस्थितीत अन्वालोपी वक्राची सामान्य लक्षणे बाधित होत नाहीत असेच मानावे लागेल.

समीकरण (२) व (२अ) सारख्या समीकरणात जविसने विकसित केलेल्या (अ. ६५ परि. ३१ पृष्ठ ९९४) "मायर्सचा सुधारित अधिक्रमता" (Modified Myer's Maximum) १००% गुणांक जास्तीत जास्त वापरला जातो. आणि प्रस्तावित केलेल्या नवीन समीकरण ४ व ४अ शी केवळ तुलना करण्याकरिता ही समीकरणे २ आणि २अ आकृति १ मध्ये दाखविली आहेत.

ज्या विभागात पुरांची अधिक्रमता कमी प्रमाणात असते अशाकरिता $C = १००$ शी जुळणारे अन्वालोपी वक्रांचे समीकरण अद्यापि उपलब्ध झालेले नाही. तरीमुद्दां सद्यःस्थितीत $C = १००$ पेक्षा कमी असतांना मुद्दां (४अ) हे समीकरण वापरणे सर्वांत चांगले असे वाटते. आणि मर्यादित विभागात आलेखित पुरांचे वाबतीत अन्वालोपी वक्र रेखाटण्याकरिता समी. ४अ चा उपयोगा करिता येईल. C च्या कोणत्याही ऐच्छिक मूल्याकरिता वक्र तयार करण्यासाठी $C = १००$ च्या कोटीना (Ordinate) विशिष्ट स्थिरांकाने (Constant) ने गुणून अशातऱ्हेचे वक्र मुलभरीत्या आलेखित करता येते.

वादळातील सरासरी पाऊस, "लॅंग," आणि क्षेत्रातील सर्वसामान्य प्रादेशिक लक्षणे यांच्या परिवर्तन नियमांचा विचार करून असे दाखवून देता येईल की, स. २ च्या स्वरूपापेक्षा स. ४ चे स्वरूप जास्त तर्कशुद्ध आहे. याचाच अर्थ हा की लेखकांनी जी अभ्यास केला त्यावरून असे दिसते की लघुगणकीय मापनांनी आलेखित केलेले असतांना लहान क्षेत्रासाठी अन्वालोपी वक्र हे सरासरीपेक्षा अधिक सपाट व मोठ्या क्षेत्रासाठी अधिक खडे असणे जरूर आहे.

पुरांच्या अभ्यासाकरिता सारणी क्र. १ वापरतांना पहिल्या टप्प्यात भोवतालच्या प्रदेशातील विशिष्ट भागातील जलवायुविज्ञानात्मक अभ्यास समाविष्ट केला जातो. त्यामुळे आयोजित जलनिःसारण क्षेत्रातील लक्षणाशी या भागातील लक्षणे किती मर्यादेपर्यंत जुळती आहेत हे निश्चित करता येते.

यानंतर या मध्य प्रदेशातील सोद झालेल्या पुरांचे अन्वेषण करण्यात येते. आणि ते आकृति क्र. १ च्या स्वरूपात रेखांकित करण्यात येते. समीकरण ४अ वरून अगर वर स्पष्ट केल्या प्रमाणे आ. १ मधील वक्र $C=900$ पर्यंत कमी करून एक अन्वालोपी वक्र आरेखित करण्यात येते. त्यावरून त्या विभागातील जास्तीत जास्त पुर येणाऱ्या नाल्यांच्या लक्षणांची कल्पना येते. मात्र तो विश्वास पुरेसा व्यापक आहे. त्यात पुराचा समावेश होतो आहे आणि नाल्यातील पुरांचे पुरेसा प्रमाणात मापन केलेले आहे हे संभावित माहितीवरून दिसून येईल याची आपण खात्री करून घेतली पाहिजे. नाहीतर त्यापेक्षा मोठा विभाग विचारात घेतला पाहिजे. मग तो जास्त पुर निर्माण होणाऱ्या क्षेत्रांत सामावून जात असल्या तरी चालेल. अंतिम मर्यादा म्हणून आकृति १ चा वापर करता येईल.

अन्वालोपी वक्र उपलब्ध झाल्यावर, दुसऱ्या टप्प्यात विचाराधीन नाल्यातील पुरनिमित्तीची लक्षणे त्या विभागातील वक्रांत दिसून आलेल्या लक्षणाइतकी जास्त अगर त्यापेक्षा जास्त आहेत हे निश्चिन केले पाहिजे. जर विपन्न पुराचा उपलब्ध नसेल तर ती लक्षणे तत्सम लक्षणाइतकी तरी आहेत असे मानावयास हरकत नाही. मात्र त्यावेळी त्यापेक्षाही ती जास्त असण्याची शक्यता असते हे लक्षात ठेवले पाहिजे. अशा पुराचा उपलब्ध व्हावा म्हणून त्याच्या अभ्यासाची खालील पद्धत वापरण्यात येते.

४. भौतिक लक्षणांची तुलना.

पुर प्रवाहाचे अन्वेषणात पुराचे प्रमाणावर ज्यामुळे परिणाम होतो अशा भौतिक लक्षणांचे ज्ञान असले पाहिजे. विशेषतः ज्या अन्य नाल्यांतील पुरांची प्रवृत्ती माहिती आहे अशांशी तुलना करावयाची झाल्यास बरील लक्षणांच्या माहितीची विशेषच जवरी भासते. जलविभाजकांतील क्षेत्रात दिसणारा फरक तर सोडाच. पण दोन निरनिराळ्या नाल्यात पुर निर्माण होण्याच्या प्रवृत्तीतही महत्त्वपूर्ण फरक असू शकतो. त्याचे कारण त्या जलविभाजकांतील लक्षणामधल्या फरक हेच होय. समीकरण २ व ४ मधील पुरगुणांक C चा, अशा लक्षणामधल्या फरकामुळे, उपयोग करणे आवश्यक असते. आणि हा C वऱ्याच घटकावर अवलंबून असतो. त्यापैकी मुख्य घटक खाली दिले आहेत.

(१) वादळी पावसाची लक्षणे.

(अ) वादळांचा प्रकार.

- (आ) वादळांची वैशिष्ट्ये (वेळेच्या प्रमाणांत वादळांच्या तीव्रतेचे मान यांत अंतर्भूत असते.)
- (इ) समुद्रसन्नध्याचा परिणाम.
- (ई) मोठ्या वादळांची प्रवृत्ति.
- (उ) डोंगरांच्या रांगाचा परिणाम.
- (२) जलविभाजकांची संचय-क्षमता अगर जमिनीवर वा पोटांत पाणी साठवून ठेवण्याचें सामर्थ्य आणि अपवाहाचे नियमन.
- (अ) कृत्रिम जलाशयातील साठा.
- (आ) सरोवरे आणि दलदलीच्या भागांतील साठा.
- (इ) जमिनीच्या पोटातील साठा.
- (ई) जमिनीवरील साठा अथवा तेथील गतिविरोध.
- (उ) (नदीच्या) खोऱ्यातील साठा.
- (३) निःसारण क्षेत्राचा ढाळ.
- (४) निःसारण क्षेत्राचा आकार.
- (५) पर्जन्यकेंद्राच्या चालू दिशेक हालचालींच्या तुलनेने होणारी नदीच्या प्रवृत्तीची दिशा.
- (६) पात्रांतील अडथळ्यांची पाणी एकदम सोडण्याची क्षमता. (या प्रकरणाच्या दुसऱ्या अनुच्छेदात वादली पावसाची चर्चा केली आहे.)

पाण्याचें साठवण कोणत्याही प्रकारचे असो त्या पुराची अधिकतमता कमी करण्याकडेच त्याची प्रवृत्ति असते. या प्रकरणाच्या अनुच्छेद २ मध्ये वर्णिल्या-प्रमाणें कृत्रिम जलाशयाच्या पुरातील अधिकतमतेवर होणारा परिणाम ही एक स्वतंत्र समस्या आहे म्हणून तिचा विचार केला पाहिजे. सरोवरे, दलदलीच्या जागा जमिनीखालील पाण्याचा साठा, तिच्या पृष्ठभागावरील साठा, आणि खोऱ्यातील साठा यांच्या परिणामांचे, अनुभव व तारतम्य यांच्या साहाय्याने मूल्यमापन केले पाहिजे.

ज्या नद्यांतील निःसारण खोल दालुकामय भागातून होते तेथे जमिनीखाली पाणी पुष्कळ प्रमाणांत साठू शकते. म्हणून पुरांचे प्रमाण तेथे नेहमीच कमी

असते. आणि असे क्षेत्र जर मोठे असेल आणि पाणलोटालाच्या वरच्या पातळीपर्यंत पसरलेले असेल तर तेथे पुरनिर्मितीवर बऱ्याच प्रमाणांत परिणाम होतो.

पाण्याच्या जमिनीवरील साठ्यावर तेथे असलेल्या झाडेझुडपे व वनस्पतींचे प्रवागर, तेथील निःसारण क्षेत्रांचा आकार आणि उतार आणि नदीच्या तळाची आणि काठावरची वैशिष्ट्ये यांचा परिणाम होतो. या वैशिष्ट्यांमुळे पाण्याच्या अपवाहाचे वर्षण धरणाच्या जागेकडे जलदगतीने होते. आणि त्यामुळे नद्यांत मोठे पूर येतात. ज्यावर काहीही वनस्पती उगवलेली नाही अशा खडकाळ उतारावरून जलनिःसारण अतिशय जलदगतीने होते या उदा. दाट झाडेझुडपे उगवलेल्या अगर गवताळ अशा क्षेत्रांत पाणी खाली वाहून जाण्यास परिणामकारक अडथळा येतो आणि तेथे पुराच्या तीव्रतेचे मानही कमी होते (पहा परि. ४२ अ ६५). या बाबतीत जेथे अतिशय दाट गवन व झाडेझुडपे उगवलेली असतात त्याचा पुरावर विशेष परिणाम होतो. जंगलामुळे वर्ष वितळण्याची क्रिया मंदावते. अत्यंत वर्षण होत असतांना झाडांच्या पानांना आणि फांद्यांना चिकटून जमिनीच्या पृष्ठभागावर जवळ जवळ काहीही पाणी आडवले जात नाही. म्हणून या देशातील पुष्कळशा स्थापत्यशास्त्रज्ञांचे असे मत आहे की, ज्या विभागांत वननिर्मूलन झाले आहे तेथील मोठ्या झाडांची तोड झाल्यामुळे पूरप्रवृत्तीत वाढ झालेली नसून लहान लहान झुडपे आणि जमिनीवरील मृदा यांचा नाश झाल्याने ही पूरप्रवृत्ती वाढलेली आहे.

उलटपक्षी जर्मनीत पुरांचा अभ्यास करीत असलेल्या स्थापत्यशास्त्रज्ञांच्या आयोगांनी असा निष्कर्ष काढला आहे की जंगलामुळे लहान आणि मध्यम प्रकारचे पुरांत^५ सौम्य होण्याकडे प्रवृत्ति निर्माण होते आणि बराच वेळ आणि सतत पडणाऱ्या पावसामुळे हा परिणाम नाहीसा होतो.

नदीचे पात्र भरण्याकरिता आणि पुरामध्ये नदीत उच्च पातळीपर्यंत जाण्याकरिता जे पाणी लागते त्या पाण्याच्या एकूण राशीला नदीच्या खोऱ्यांतील साठा असे म्हणतात. या साठ्याचा अधिकतम निःसारावर कधीकधी अतिशय परिणाम होतो. न्यूयॉर्क विभागांतील वॉटरटाऊन येथे १८६९ मध्ये, ब्लॅक नदीत आलेल्या मोठ्या पुराच्या अधिकतमतेत, लाइनफॉल्सजवळ, जरी नदी तीव्र होती आणि तेथे निःसारण क्षेत्र अध्यपिकां कमी होते, तरी तुलनेने फार

तळटीप ५ - डब्ल्यू. डब्ल्यू. वाबामेकर, जर्मनीतील पूर - यू. एस. आर्मी इंजिनिअरिंग स्कूल.

१ फेब्रुवारी १९३८.

वाढ झाली. याचे कारण या दोन जागांतील मपाट क्षेत्रांच्या खोऱ्यानील साठा^६ हे होय.

नदीच्या खोऱ्यांत वारंवार निर्माण होणाऱ्या अडथळ्यांमुळे त्या खोऱ्यानील साठ्यांत वाढ होण्याची प्रवृत्ती निर्माण होते.

खड्या उतारांचे क्षेत्रांत जलदगतीचा अपवाह निर्माण होतो. त्यामुळे डोंगराळ प्रदेशांतील पुर तुळनेने तीव्र असतात.

पंढ्यासारख्या पसरट उपनद्या ज्या मुख्य नदीला मिळतात आणि ज्या साधारणपणे नदीच्याच आकाराच्या असतात तेथे प्रत्येक उपनद्यातील अधिकतमतेचा पुर मुख्य प्रवाहात आणि धरणांत साधारणपणे एकाच वेळी मिळतो आणि त्यामुळे तुळनेने मोठे पुर निर्माण होतात. या उलट, जेथे मुख्य नदीचा पाणथोट तुळनेने असे असतो आणि ज्या नदीच्या उपनद्यांचे आकार भिन्न असतात आणि ज्यांचा तिसरा ठराविक काळातगाने मुख्य प्रवाहात मिळतो तेथे उपनद्यांच्या क्षेत्रांतील अपवाहाचा अधिकतम भाग धरणापाशी भिन्नभिन्न वेळेला पोचतो आणि त्यामुळे, तेथे तुळनेने लहान स्वरूपाचे पुर येतात. ज्य-नद्या जर बऱ्याच असल्या तर त्यामुळे तीव्र स्वरूपाचा अपवाह निर्माण होतो.

अतिशय लांबीचे जलाशय निर्माण केल्याने अपवाहाच्या वेळेने परिणामकारक घट निर्माण होते.

नदीच्या वरच्या बाबूकडे जर पावसाचे केंद्र सरकते तर कोणत्याही गृहीत बिंदूत पावसाच्या अवघीच्या पहिल्या काळातील अपवाह त्याच्या जेवढ्या काळातील अपवाहापेक्षा तिराळ्या वेळी पोहोचतो. परंतु प्रवाहाच्याच येगाने जर हा पाऊस गड लागला तर त्या विशिष्ट बिंदूत हा सर्वच्या सर्व अपवाह एकाच वेळी पोहोचतो आणि त्यामुळे पुराची परिणामी अधिकतमता वाढते. म्हणून जे नाले पावसाच्या केंद्राच्या हालचालीच्या दिशेची समांतर असतात आणि उलट दिशेकडे वाहतात त्या नाल्यात येणाऱ्या पुराची शक्कता वाढल्याच्या दिशेने वाहणाऱ्या नाल्यांत येणाऱ्या पुरापेक्षा कमी प्रमाणात असते.

पाणथोटांत साठलेले पाणी एकदम वाहून जाण्याची शक्ति खालील परिस्थितीवरून समजू शकते.

तळटीप ६ - क्लिंज आणि हॅर्न यांचा बॉटरफ्लाईचा लायन फाल्सवरील “ पुर नियंत्रणावरील अहवाल ” — इंजिनियरिंग न्यूज रेकॉर्ड - भाग ८३ पान २८, न्यूयॉर्क डेव्हलपमेंट असोसिएशन, बॉटरफ्लाई, एन. वाय., १९२८.

- (१) बर्फ आणि ओढक्यांचे अडथळे निर्माण होण्याची वारंवारता आणि व्यापकता—यामुळे पुराच्या अधिकनमतेच्या वेळी अगर तिच्या मागेपुढे साठलेले पाणी वाहून जाण्याचा धोका निर्माण होतो.
- (२) ज्या बंधाऱ्यानील उफळवी क्षमता अपुरी आहे आणि ज्यात मोठ्या प्रमाणात पाणी साठविले आहे आणि ज्याच्या शक्तीबद्दल सापेक्षता आहे अशा धरणांचे अस्तित्व—

ज्याचे प्रतिमान चित्र उत्तमप्रकारे केले आहे अशी अनेक धरणे, त्यांच्या धरच्या बाजूस अस्तित्वात असलेला सवोप बंधारा फुटल्यामुळे, फुटली आहेत. कारण या सवोप धरणांत साठलेल्या पाण्याचा साठा एकदम वाहून पाण्याच्या अपवाहात मोठ्या प्रमाणात वृद्धि होते.

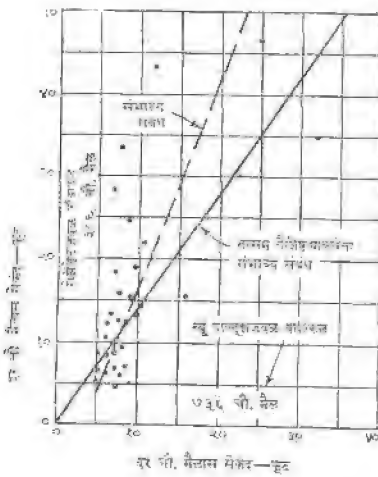
- (३) वृडलेल्या पुलाच्या अडून राहिलेला गाळ व इतर माल तात्पुरता अंशतः तुंबून राहणे आणि नंतर पूल ढासळून आणीवाणीच्या वेळी सांचलेले पाणी वाहून जाणे.
- (४) बर्फाच्या स्वरूपात पाण्याचा साठा निर्माण होणे आणि तेथील तपमान वाढल्यावेळी तेथे अत्युच्च पावसाचे वर्षण होणे.

पहिल्या तीन बाबी पुराच्या भौतिक अभ्यासाने अतिशित स्वरूपाच्या समतात. पण जर त्यामुळे धोका निर्माण होत असेल तर, एकंदर पुराचा अंदाज करताना परिगणित केलेल्या पुरात अशा परिणामी पुराची वाढ करावी लागेल.

बर्फ वितळल्याने पुरावर अविशय परिणाम होतो. काही पुरांचे बाबतीत नोंद केलेला वास्तविक जास्त मोठा प्रस्नाव संपूर्णपणे हे बर्फ वितळल्याने आलेला आहे. म्हणून ज्या समपरिस्थितीत जलनिसारण क्षेत्रावर बर्फाचे आच्छादन असते तेथे, असा बर्फ नसतो तेथल्यापेक्षा जास्त प्रमाणात पुर येण्याची शक्यता असते. अ. ४० मध्ये वितळणाऱ्या बर्फापासून होणाऱ्या परिणामांचा उद्‌घाटन केला आहे.

सामान्यतः जलविभाजन क्षेत्र, पाऊस पडण्याचे आणि बर्फ वितळण्याचे जास्तीत जास्त प्रमाण आणि त्याचा कालावधि, तेथील भूमीच्या उताराची तीव्रता व भूप्रदेशाची रचना, निसारणक्षेत्राचा दाढ, उपनद्यांची रचना, आणि

तेथील वनस्पतींचे गुणधर्म यांचा क्रमशः नाल्यांतील पुर प्रवृत्तीवर जास्तीत जास्त परिणाम होण्याची शक्यता असते.



आ. २. बॉलकिल नदी आणि रांडाउट खाडीतील पुर प्रवाहाची तुलना संबंध आ. २ मध्ये पूर्ण रेषेत दाखविला आहे. प्रत्यक्षांत मात्र पुरांचे आलेखन केलेल्या तुटक रेषेमें दाखविल्याप्रमाणे, संभाव्य संबंध असावेत असे दिसून येते आणि त्याप्रमाणे रांडाउट खाडीत बॉलकिलपेक्षा जास्त प्रमाणांत पुर प्रवृत्ति असावी असे दिसून येते. बॉलकिलचा जलविभाजक जास्त मर्याद आहे आणि तेथे दलदलीचे भाग जास्त आहेत. बॉलकिलमधील लहान पुर मात्र रांडाउटपेक्षा तुलनेने जास्त आहे. कारण रांडाउटच्या जरा वरच्या वाजूस एक लहान कृत्रिम जलाशय आहे आणि त्यामुळे लहान पुरांची तीव्रता कमी झाली आहे. मात्र तो कृत्रिम जलाशय फारच लहान असल्याने मोठ्या पुरांच्या वावतीत त्याच्या अस्तित्वाचा फारसा परिणाम झालेला नाही.

जेव्हा एखाद्या नाल्यावरील अपवाहाची तुलनेने फार थोड्या वर्षांची माहिती उपलब्ध असते पण शेजारच्या नाल्यावरील बऱ्याच वर्षांची अशी माहिती उपलब्ध असते, तेव्हा त्या नाल्यावरील पुरप्रवृत्तीची अंदाजी माहिती प्राप्त करून घेण्याकरिता, अशा सारखे संबंध हे एक उपयुक्त साधन मिळते.

जेव्हा एखाद्या नाल्यांतील पुरांची माहिती उपलब्ध नसते तेव्हा, आस-पासच्या नाल्यांतील पुर प्रवृत्ती निश्चित करणे जरूरीचे होते आणि त्यांचे

दोन लगतच्या पुरप्रवाहातील पूरलक्षणांची तुलना आ. २ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे करण्यांत आली आहे. आ. २ मध्ये लगतच्या जल विभागांतील बॉलकिल नदी आणि रांडाउट खाडीत एकाच वेळी आलेल्या पुरांच्या पस्परसंबंधांचे दिग्दर्शन केले आहे. समीकरण ४ वरून बॉलकिल नदीच्या जल-विभाजकांत ७३५ चौ. मैलांत दर चौ. मैलास रांडाउटच्या २८६ चौ. मैल जलविभागांतील पुरांच्या ७१ टक्के पुराचा अपवाह समान परिस्थितीत सामान्यपणे निर्माण व्हावा असे दिसते. हा सैद्धान्तिक

नियमक विचाराधिन नाल्याला नारतम्यानें लागू करावें लागतात. अशा वेळीं तदन अन्वयास, ज्या बाबींमुळे पुरांच्या अपवादावर परिणाम होतो अशा बाबी मात्र विचारांत घेतल्या पाहिजेत.

जेथें पुरांशी माहिती आणि वेळ उपलब्ध असतो तेथें या प्रकारच्या अपवादांना संपूर्णतः अस्वाप्त करतां येता. मात्र त्यांत भिन्नत्वाच्या बाबी फार प्रमाणांत नगल्या पाहिजेत. कानिचित्कट नदीतील^७ पुरांचे बाबतींत अशा तऱ्हेचा अस्वाप्त जी. टी. मॅकार्थी यांनी केला होता. त्या संबंधांत एका बाजूस पुरांची लक्षणे म्हणजे अधिकतम प्रस्वावाचे प्रमाण, पुरांचा अवधि, आणि अधिकतम पूर येण्याची वेळ आणि दुसऱ्या बाजूस भूरचनेची लक्षणे म्हणजे क्षेत्र—उतार, आणि नाल्याचें स्वरूप यांच्या बाबतींत आत्यंतिक अन्यान्यसंबंध दिसून आला.

या शिकाणी उल्लेखिलेली पुरप्रवाहावर परिणाम करणारी इतर लक्षणे त्या अस्वाप्तात प्रविष्ट केलेली नव्हती हे लक्षांत ठेवावें पाहिजे. कदाचित् कानिचित्कट नदीच्या जलविभाजकांत ती लक्षणे साधारणतः एकत्र असावीत.

५. पुरांच्या वारंवारतेचा अभ्यास.

ज्या पुरांचे परिणाम दिलेले आहेत अशा पुरांची वारंवारता संभाव्यता-नियमांच्या माहात्म्यानें गणितीय पद्धतीनें निश्चित करतां येईल, मात्र नदीच्या ज्या निवारणाच्या माहितीवरून हा अभ्यास केला जाईल ती माहिती तेथील सर्वसामान्य परिस्थितीशीं तंतोतंत जुळणारी असली पाहिजे.

अ. ६ मध्ये असे दाखविण्यांत येईल की, थोड्या नात्यांचे बाबतींत विशेषतः लहान नात्यावर, जेथें पुरेणा दीर्घकालपर्यंतची अशी माहिती उपलब्ध असेल तेथें त्या माहितीवरून सर्वसाधारण परिस्थितीचे दिग्दर्शन होऊ शकते. मात्र अशी माहिती १०० वर्षांपेक्षा जास्त कालावधितील पुरांची वारंवारता निश्चित करण्यास निरुपयोगी ठरते. म्हणून १०००-अगर-१०००० वर्षांच्या निकर्पावर उत्पन्न बांधाचे संकल्पचित्र तयार करण्यासाठी, अन्य पुरक माहिती उपलब्ध नसेल तर, अशी संभाव्यता-पद्धति उपयोगांत आणणें अत्यंत धोक्याचें असते. शिवाय आतां ही पद्धति सर्वसमंत

तळटीप ७ - कानिचित्कट नदीच्या सर्वेक्षणाच्या अहवालाचे परिशिष्ट १. एच. डीक नंबर ४५५, ७५ व्या कॉमिसचे दुसरे अधिवेशन.

मानली जात नाही. परंतु, जर या पद्धतीत सुधारणा^४ केली तर खाली म्हत्वाच्या वावतीत तिचा उपयोग होतो, म्हणून तिचे विवेचन करण्यात येणार आहे.

(१) अ. ३ मध्ये विश्लेषण केल्याप्रमाणे विचरण-गुणांकांची तुलना.

(२) लघु-वारंवारतेच्या वावतीत विशेष अभ्यास—जसे कुंडल बाधा-बहुत पाणी वाहून जाण्याच्या शक्यतेसंबंधी अगर पुरामुळे किरकोळ मालमतेच्या होणाऱ्या तुकसातींची वारंवारता.

(३) काटकसरीच्या भूमिकेतून पूर-रक्षणाचे समर्थन.

या पद्धतीत खालील टप्पे असतात.

(१) वारंवारतेच्या संभाव्यतेच्या वक्राच्या रूपात, अस्तित्वात असलेल्या पुराच्या माहितीचे आलेखन. (आकृति ३ प्रमाणे).

(२) या वक्राचे वेळेचे "I" या अंतर्देशी केलेले वृद्धिवर्जन माहितीच्या कालापेक्षां जास्त असते. उदा. आकृति ३ मध्ये ७५००० से. फु. पूर. I हा सरासरीने ३०० वर्षातून एकदा येईल अशी अपेक्षा आहे.

पुराच्या वारंवारतेच्या अभ्यासाकरिता जे संभाव्यतेचे नियम वापरण्यात येतात ते खालील दोन पद्धतींपैकी एका पद्धतीने तयार करण्यात येतात.

(अ) मूलगामी टप्प्याची पद्धति— तांद वेळेतील दिलेल्या मूलगामी टप्प्यापेक्षां वृद्धी पावलेल्या पुरांचा विचार.

(आ) वार्षिक पूर पद्धति —तोदीतील प्रत्येक वर्षातील फक्त कमाल पुराचाच वापर.

तळटीप ८ - संपूर्ण वणेनाकरता डब्ल्यू. पी. वीयर, जॉन वायली आणि सन्स यांच्या "इंजिनियरिंग फॉर मेसनरी डॅम्स" ची या सूडाने अधिकृत केलेली दुसरी आवृत्ति.

कीगरने (परि. ३९. अ. ६५) १९२६ मध्ये या मूलगामी टप्प्याच्या पद्धतीचे प्रतिपादन केले आहे. कारण जरी तीत अनेक प्रकारच्या बाबी अंतर्भूत असल्या तरीही ती गट्टरि ज्योस्त विमर्शक असते. त्या दोन्ही पद्धतीतील परिमाणात मात्र फारसा फरक पडत नाही. विस्तारित बहुर्वेक्षणाकरिता वापरण्यात येणाऱ्या संभाव्यता-वक्रांत चुका असल्याचे अलिकडे उपलब्ध झालेल्या माहितीवरून दिसून आल्यामुळे या पुस्तकात वार्षिक पुर पद्धतीच वापरण्यांत आली आहे.

१९१६ ते १९३७ मधील हॉकिंग नदीतील निसारणाच्या माहितीवर आधारिल्या २४ तासांच्या पुराच्या अधिकतेच्या संभाव्य वारंवारतेच्या अंदाजाचे खाली वर्णन केले आहे आणि सारणी क्र. २ मध्ये तत्संबंधी माहिती दिली आहे.

अव्युच्च २४ तासांच्या पुराच्या अधिकतेची सरासरी 'Q' ची ३ व्या स्तंभांत त्याच्या आकारानुसार नोंद केली आहे. प्रत्येक पुर किती वेळा सारखाच अगर जास्त होता ती संख्या, n, चौथ्या स्तंभांत दाखविली आहे.

संभाव्यता नियमाप्रमाणे गृहीत निसारण Q इतका अगर जास्त पुर सेंकडा किती वर्षांत येणे संभाव्य आहे हे खालील समीकरणावरून काढता येते.

$$p = \frac{100n}{y} \quad (५)^९$$

येथे— p= अविष्य काळात येणाऱ्या निसारण Q इतक्या अगर जास्त पुराच्या संभाव्यतेची टक्केवारी.

n= स्तंभ २ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे उपलब्ध माहितीप्रमाणे Q इतका अगर जास्त पुर किती वर्षांत आला त्या वर्षांची संख्या

y= ज्या वर्षांची माहिती उपलब्ध आहे अशा वर्षांची एकूण संख्या (या उदाहरणांत ही संख्या २२ आहे.)

तळदीप ९ - सर्वसामान्यपणे $p = \frac{100}{y} (n-05)$

[५ अ]

हे समीकरण वापरण्यांत येते, परंतु लेखाकाचे त्याच्या सैद्धांतिक उपपत्तीबद्दल कधीही पूर्णपणे समाधान झालेले नाही आणि म्हणून पुराच्या संबंधांत नेमस्तपणाची जकरी असल्याने पुराची जास्त वारंवारता येणाऱ्या समीकरण ५ चे तो समर्थन करतो.

तक्ता क्र. २.

ओहोआ सस्थानीय, अथर्व वेधे, हॉकिंग नदीवर १९१६-३७ या काळात आलेल्या पुरांची, संभाव्यता-आलेखनाकारिता, केलेली परिगणता.

१	२	३	४	५	६	७	८	९
वर्ष	२४ तासांनी कमाल सरासरी वार्षिक अधिकतम Q (से. फू.)	स्तंभ ३ प्रमाणित, पण आकारा प्रमाणित रचना केलेले	कालाच्या सळ्या १०, अधिकतम सारखाच होना असण त्यापेक्षा जास्त	वर्षाची टक्केवारी P	भविष्य काळातील पुरांची वास्तवता I (वर्ष)	सरासरी पुराच्या स्वरूपात स्तंभ २	सरासरी V पासून निष्पत्ती	V ²
१९१६	१०,०००	६,२००	२०	१००.०	१.००	०.२३६	-०.५०६	०.२५६
१९१७	६,२००	६,७००	२१	१५.०	१.०५	०.२७१	-०.५२३	०.२७०
१९१८	३२,८००	६,८००	२०	१०.८	१.१०	०.२७९	-०.५२१	०.२७१
१९१९	१६,१००	९,९६०	१९	८९.३	१.१६	०.७०१	-०.४००	०.०८९
१९२०	१६,५००	१०,०००	१८	८१.७	१.२२	०.७०४	-०.२९३	०.०८८
१९२१	२४,०००	१०,१००	१७	७७.२	१.२९	०.७१०	-०.२९०	०.०८४
१९२२	२८,७००	१०,३००	१६	७२.७	१.३७	०.७२४	-०.२७६	०.०७६
१९२३	१०,३००	११,२००	१५	६८.१	१.४७	०.७८७	-०.२१३	०.०४५
१९२४	१४,६००	११,३००	१४	६३.६	१.५७	०.७९४	-०.२०६	०.०४२
१९२५	६,७००	११,७००	१३	५९.०	१.६९	०.८२२	-०.१७८	०.०३२
१९२६	११,२००	११,९००	१२	५४.५	१.८३	०.८३७	-०.१६३	०.०२७
१९२७	१४,०००	१२,८००	११	५०.०	२.००	०.९००	-०.१००	०.०१०
१९२८	१३,७००	१३,७००	१०	४५.४	२.२०	०.९६३	-०.०३७	०.००१
१९२९	११,३००	१४,०००	९	४०.९	२.४४	०.९८४	-०.०१६	०.०००
१९३०	११,७००	१४,६००	८	३६.३	२.७५	१.०२६	+०.०२६	०.००१
१९३१	१०,०००	१६,१००	७	३१.८	३.१४	१.१३१	+०.१३१	०.०१७
१९३२	६,२००	१६,५००	६	२७.३	३.६७	१.१६०	+०.१६०	०.०२६
१९३३	१८,२००	१७,०००	५	२२.७	४.४०	१.१९५	+०.१९५	०.०३८
१९३४	६,८००	१८,२००	४	१८.२	५.५०	१.२७९	+०.२७९	०.०७८
१९३५	१७,०००	२४,०००	३	१३.६	७.३३	१.६८७	+०.६८७	०.४७२
१९३६	११,९००	२८,७००	२	९.१	११.००	२.०१७	+१.०१७	१.०३४
१९३७	३०,९००	३०,९००	१	४.५	२२.००	२.१७२	+१.१७२	१.३७४
		३१२,६६०						४.४०३

$$\text{पुरांची सरासरी} = \frac{३१२,६६०}{२२} = १४,२०० \quad \Sigma V^2 = ४.४०३ \quad CV = \sqrt{\frac{४.४०३}{२१}} = ०.४५७$$

या समीकरणावरून पांचव्या स्तंभातील p चे मूल्य मिळते. त्यावरून असे दिसते की, भविष्यकाळांत ४३ टक्के वर्षांत ३०९०० से.फू. इतका अगर त्यापेक्षा जास्त पुर येण्याची शक्यता आहे.

अधिकतम निःसाराचे स्तंभ १ मधील मूल्य (या उदाहरणांत २४ तामात वहाणारा सरासरी प्रवाह धरण्यात आला आहे). हे 'कोटी' बिंदु आणि स्तंभ तीन मधील टक्केवारी ही "भुज" (Abscissae) घेऊन संभाव्यता^{११} आलेखावर त्यांचे आलेखन केले आहे. या आलेखन केलेल्या बिंदूतून जाणारा वक्र, पुराचे उद्दिष्टांत मुख्य Q मिळण्याकरिता, पुढे लांबांब्या तर त्यावरून भविष्यकाळांत सरासरी p टक्के वर्षांत हा पुर Q इतका किंवा त्याहून जास्त होईल अगर कमी हे समजून येईल. या उदाहरणावरून २४ तामातील ५३००० से.फू. पुर भविष्यकाळांत १ टक्के वर्षांत निश्काच अगर त्यापेक्षा जास्त येईल, अशी शक्यता दिसून येते. समीकरण १ वरून पुराची अंदाजी क्षणिक अधिकतमता प्राप्त करता येईल.

गृहीत पुर Q च्या इतका अगर त्यापेक्षा जास्त पुरांतील वर्षांचे अंतर

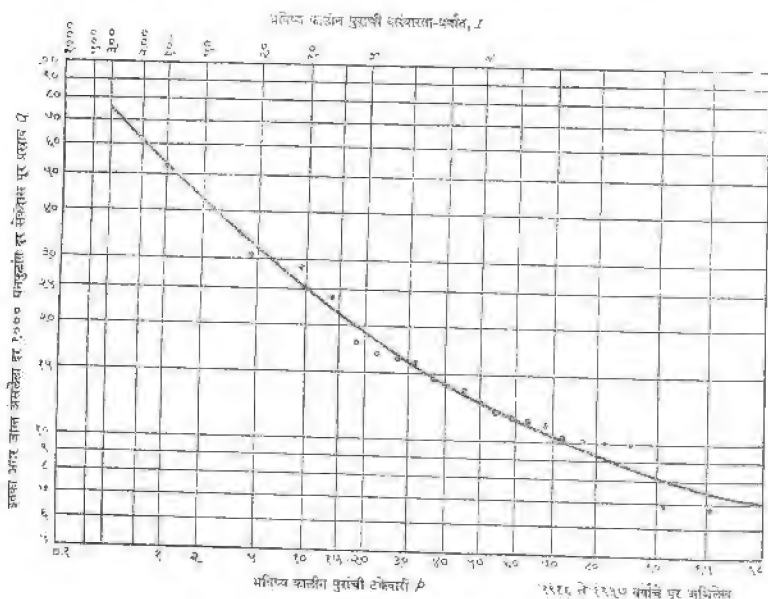
$$I = \frac{100}{p} \quad (६)$$

आकृति ३ च्या बरीक वाजूचे प्रमाण आलेखित करण्याकरिता हे समीकरण वापरण्यांत आले आहे आणि सारणी २ मधील ६ व्या स्तंभातील मूल्यांच्या संगणनाकरिताहि त्याचा वापर केलेला आहे. या उदाहरणावरून १०० वर्षांतून एकदा सरासरीने ५३००० से.फू. इतका अगर जास्त पुर येण्याची शक्यता दिसून येते.

आलेखित केलेल्या बिंदूतून व त्यांच्या फलिकडून जाणाऱ्या संभाव्य वक्राचे रेखाचित्रण गणितीय पद्धतीने करता येणे शक्य आहे व तसे ते पूर्वी केले गेले आहे. आणि यात पिअर्सन श्रृंखला आणि इतर फलनांचा अंतर्भाव आहे. (प. ३२, अ. ६५). हल्ली अशी विचारमरणी आहे की डोळ्यांनी पाहून

तळटिप १० - ज्यांतीत जास्त सरळवक्र ज्या आसांनी मिळेल असे गणितीय अगर लघुगणकीय आस (ordinates) वापरून कोडेक्स बुक कंपनी, नॉरथुड, मसॅच्युसेट्स, यांनी संभाव्यतेवर एक लेख प्रसिद्ध केला आहे. हा लेख प्रथम अंकून हॅड्डेन यांनी तयार केला होता व तो ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. च्या १९१४ डिसेंबर महिन्याच्या अंकांत पान १०३९ वर दिला आहे.

यत्र आलेखित करतांना संभाव्य पद्धतीच्या अंशकतेच्या मर्यादा उल्लंघन करू नयेत. विचरण-गुणांक अगर् संभाव्यता-वक्राची तीव्रता एका क्षेत्रातील पुराणा-दनाच्या लक्षणांशी दुसऱ्या क्षेत्रातील तशाच लक्षणांची तुलना करण्याचे साधन म्हणून उपयोगी पडते. याबद्दल अ. ७ मध्ये खुलासा केला आहे.



आ. ३. ओहायओ संस्थानातील, अन्थेन्स येथील हॉकिंग नदीवरील संभाव्य वक्र.

विचरण-गुणांक खालील प्रमाणे^{१३} प्राप्त करण्यांत यावा —

सारणी २ चा उपयोग करून स्तंभ ३ मधील आंकड्यांच्या वेरजेला, माहित असलेल्या y या वर्षाच्या संख्येने भागावे म्हणजे सरासरी पुराचा आंकडा किंवा १४२०० से.फू. मिळतो. स्तंभ ७ मध्ये स्तंभ ३ मधील पुर सरासरी पुराच्या स्वरूपांत दाखविले आहेत. स्तंभ ८ मध्ये स्तंभ ७ चे सरासरीपासून विचरण V, स्तंभ ७ मधून १ हा आंकडा वजा करून, प्राप्त केले आहे.

विचरण गुणांक CV खालील समीकरणावरून प्राप्त केला आहे.

तळदीप ११ - अल्डेन फॉस्टर यांचे “सैद्धांतिक क्षमता वक्र व त्यांचा अभियांत्रिकी समस्या करतां वापर” - ई. अमे. सो. सि. इं. १९२४.

$$CV = \sqrt{\frac{\sum V^2}{y-1}} = \sqrt{\frac{8.403}{22-9}} = 0.849$$

येथे $\sum V^2$ ही १व्या स्तंभातील आंकड्यांची बेरीज आहे.

६. पुराच्या वारंवारतेच्या अभ्यासातील अंगभूत दोष

पुरांच्या अभ्यासाकरिता संभाव्यतेची उपपत्ति १९१४च्या सुमारस लागू करण्यांत आली. बऱ्याच मोठ्याकाळातील गृहीत पुरा कृती वारंवारतेने घेण्याची शक्यता आहे हे जाणून घेण्याकरिता नाव्यांतील मतकालातील माहितीवरून बरे तयार करण्यांत आले. काहीं वेळां बीस वर्षांपेक्षा जास्त कालावधीची माहिती उपलब्ध नव्हती आणि क्वचितच ती ३० अगर ४० वर्षांपेक्षा ज्यास्त कालाकरिता मिळू शकली. अशा परिस्थितीतही १०००, ५०००, १०००० वर्षांच्या कालावधीत एकदा येणाऱ्या पुरांचा अंदाज घेण्याकरिता या संभाव्यता वक्रांचे बहिर्वेशन करण्यांत आले आणि स्थापत्य शास्त्रज्ञांच्या अनुमानानुसार उत्पन्न वंधाच्या अभिकल्पनक्षमतेकरिता त्यांतील १०००, ५००० किंवा १०००० वर्षांच्यापुरांची निवड करण्यांत आली.

पुरांचा अंदाज समजण्याकरिता या पद्धतीबद्दल इतकी आस्था वाढत आहे की पिअर्सनची आणि इतर फलने वापरून अशा बहिर्वेशनाची नक्की पद्धत निर्धारित करावी म्हणून तांत्रिक प्रकाशनांतून अनेक लेख प्रसिद्ध झाले. या लेखकानेही या पद्धतीबद्दल प्रकरणे आपल्या दोन पुस्तकांत समाविष्ट केली होती. इतर पुस्तकांतही या पुस्तकाचे वर्णन करण्यांत आले होते. स्वर्गसि अॅलन हॅसेन यांनी तर या विषयावर एक संपूर्ण पुस्तक लिहिले आहे.

हल्ली मात्र प्रगत अभ्यासाने आणि उपलब्ध झालेल्या माहितीवरून बऱ्याच मोठ्या प्रमाणांत ही संभाव्यता पद्धति निखालस अपूर्ण आहे असे सिद्ध झाले आहे. पुरासंबंधी मागील बऱ्याच वर्षांच्या माहितीवरून आणि अगदी अलि-कडील प्रत्यक्ष पुरांच्या मापनाने निर्णायकपणे असे सिद्ध झाले आहे की, क्वचित उद्भवणारी विशिष्ट वर्गाची वाढले निर्माण होण्याचे कारण त्यावेळीं असलेले अनेक हवाविषयक अवस्थांचे संयोगीकरण हे असले पाहिजे. आणि

त्यामुळेच एखाद्या नदीवरील अशा परिस्थितीत निर्माण होणाऱ्या परिणामी पुरांच्या माहितीची नोंद प्रसिद्ध झालेल्या पत्रकांत स्वचित्त दिली गेली आहे.

ही वादले व त्यातून निर्माण होणारे पुर हे साधारण पुरातन वेगळ्या वर्गात वर्गन असावेत आणि स्वतःच्या अशा कांहीं विशिष्ट नियमांप्रमाणे येत असावेत. नदीवरील पुष्कळ वर्षांच्या पुरांच्या संभाव्यतेच्या अभ्यागावर आधारलेल्या पुरांची वारंवारता नेहमी वापरण्यांत येणाऱ्या १००० ते १०,००० वर्षांच्या वारंवारते इतकी नसते. कदाचित् ती दशलक्ष अगर कांटी वर्षांना एक वारंवारतेइतकीही असू शकते.

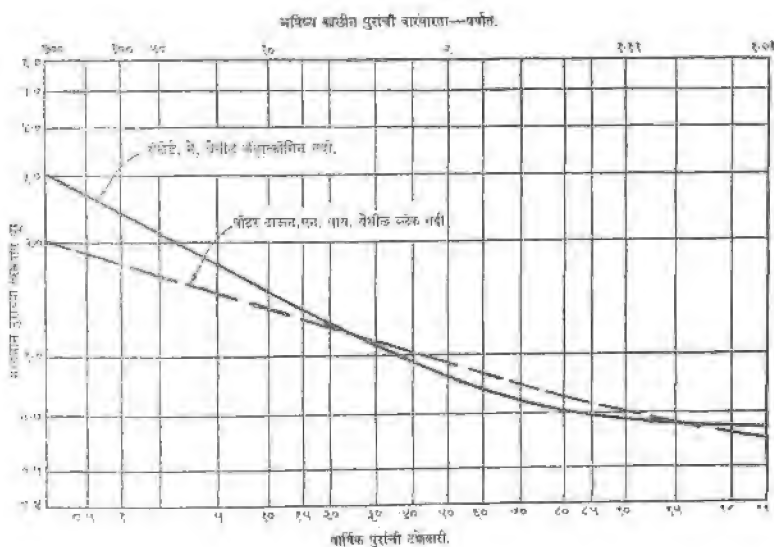
हॅजेन यांनी हे पुरांचे वैशिष्ट्य मान्य केले आहे. (अ. ६५, स. ३२ पा. ५३, ८७) परंतु अशी माहिती बरोबर आहे अगर कगें हें पाहण्याच्या साधनांच्या अभावी त्यांनी आपल्या पुराविषयीच्या विश्लेषणांत या शक्यतेकडे दुर्लक्ष केले आहे. अशा परिस्थितीत एखादी नेमस्त पद्धतच वापरणे जरूर असते असे त्यांचे मत होते. परंतु, वंतराच्या काळात ही घटना इतक्या वेळां पुनः पुनः घडून आली की, त्यामुळे ती संभाव्य असते असे मानण्याऐवजी ती जवळजवळ निश्चित स्वल्पाची आहे असे मानणे भाग पडले.

अलिकडील बऱ्याच उदाहरणांपैकी एक म्हणून नेझास्कासशील रिपब्लिकन नदीतील १९३५च्या पुरांत उदाहरण देता येईल. तेथील पूर्वीच्या ३९ वर्षांच्या माहितीवरून असे दिसून आले की, त्या कालावधीत आलेल्या पुरांपैकी १९३५ चा पुर १० फूट मोठा होता. अशा वादळाची शक्यता संभाव्यता पद्धतीने कधीहि समजून आली नसती. तथापि ऋतु-अनुमान विषयक आधुनिक पद्धतीने मात्र अशी शक्यता सुस्पष्टपणे काढून आली असती. म्हणून अ. ५ मध्ये उल्लेखिल्याप्रमाणे जेथे लहान पुरांच्या वारंवारतेचा अभ्यास करावयाचा आहे अशा विशिष्ट बाबी सोडून इतरांच्या अभ्यासांत ही संभाव्यता पद्धति वापरण्याचे सोडून देण्यांत आले आहे.

७. विचरण गुणांकांची तुलना.

पुरांचे अनेक उच्चांक गाठणाऱ्या नाल्यांच्या पूर निर्माण करण्याच्या लक्षणांशी इतर नाल्यांतील लक्षणांची तुलना करण्यास अ. ५ मध्ये वर्णन केलेल्या पूर संभाव्यता सिद्धांतांतील एका भागाचा, विचरण गुणांकाचा, मदत म्हणून उपयोग करून घ्यावा. परंतु अशा अभ्यासांत, अ. ६ मध्ये नमुद केलेल्या

विशिष्ट प्रकारच्या पुरांचा अगर त्यांच्या रूपरेषांचा समावेश करण्यांत येऊ नये. कारण अजानव्हेचा पुर एका नदींत येईल पण दुसरीत येणार नाही.



वास्तवता ४.

आ. ४ मध्ये अँड्रास्कोगिन व ब्लॅक नदीतील पुरांचे संभाव्य वक्र आलेखित केले आहेत. परंतु, सारणी ३ मधील स्तंभ ३ प्रमाणे कोटी म्हणून प्रत्यक्ष Q न वापरता स्तंभ ७ प्रमाणे सरासरी पुर त्या Q च्या जागी वापरण्यांत आले होते. इतर माहिती सारणी ३ मध्ये दिली आहे.

सारणी ३.

दोन नद्यांच्या संभाव्य वक्रांची तुलना.

	अँड्रास्कोगिन	ब्लॅक रिव्हर
निःसारण क्षेत्र चौ. मैल.	२०९०	९८७०
सरासरी वार्षिक पुर से. फू.	२३३६६	२९९६०
सरासरी पुरांचा गुणांक C (समिकरण ४ प्रमाणे)	४.९	४.८
विचरण गुणांक (अ. ५)	०.३८०	०.२५९

जरी या दोन नद्यांचे (निःसारण) क्षेत्र जवळजवळ सारखे असले व सरासरी पुराचा गुणांकही सारखाच असला तरी आ. ४ प्रमाणे अँड्रिस्कोगिन नदीवर जास्त प्रमाणांत अपसरण होते आणि तिचा विचरण गुणांक पुरांची लक्षणे जास्त असल्याचे दाखवितो असे दिसून येते.

८. गतकाळातील पुरांची भौतिक लक्षणे.

ग्रन्थाव कालावधीतील संधीय आणि राज्यांच्या शासकीय कागदपत्रावरून अनेक^{१ २} नाल्यांच्या पुरांची अधिकृत माहिती उपलब्ध होऊ शकते. अशी माहिती कारखान्यांच्या चालककांडून आणि नगरपालिकांच्या अधिकाऱ्यांकडूनही पुष्कळ वेळां मिळू शकते. असे असले तरी सर्वसाधारणपणे, अशा उच्च पुरांची पातळी ही निरीक्षण करून तेथील रहिवाशांच्या पूर्वापार माहितीवरून आणि नदीच्या दोन्ही काठावरील प्रत्यक्ष खुणावरूनच निश्चित केली पाहिजे. माव अशा निरीक्षण केलेल्या आणि रहिवाशांनी दिलेल्या पूर्वापार माहितीचा मावधगिरीने विचार केला पाहिजे. अशिक्षित निरीक्षकांची व्यक्तिगत माहिती बुकीची असण्याची शक्यता असते आणि आश्चर्य हे की, तिचा खरेपणा पुष्कळवेळां शंकास्पद असतो. कारण कांहीं वर्गात जाणवत्या जेजाऱ्याने दिलेल्या माहितीपेक्षा पुरांचे पाणी जास्त वर चढल्याने ते खरे नसतानाही अनेकदा सांशण्याची इच्छा होते; असे दिसून येते. दुर्दैवाने आजचे हित साधण्याकरिता जास्त किंवा कमी पूर आला अशी समजूत व्हावी अशा भावनेनेही ही माहिती दिली जाते. परंतु, बरीच निरीक्षणे जेव्हां एकमेकांशी तंतोतंत जुळतात आणि जेव्हां त्याकरिता विशिष्ट वस्तूंचा—उदा. दरवाजाचा उंबरठा, खिडकी किंवा मुद्दाम ठोकलेले खिळे यांचा—पुरावाही दिलेला असतो तेव्हा अशा निरीक्षणावर विश्वास ठेवणे योग्य होते.

काठावर पडलेली झाडेझुडपे, ओंडके, जलोढ द्रव्ये किंवा तरंगत्या ओंडक्यांचे काठावरील ओरखडे, मोठी झाडे आणि इतर कोणत्याही पाण्याच्या उच्च पातळीच्या खुणेवरून (पुरातील पाण्याच्या) ऊंचीची खात्री करून घेणे उपयुक्त असते. ज्या नदीतील जलोढ खोरे पुरातून वाहून आलेल्या द्रव्यांचे बनलेले असते तेथे अर्थातच पाण्याची उच्च पातळी त्या गाळाच्या पृष्ठाच्या पातळीपेक्षा नेहमी जास्त ऊंच असते.

अशा रितीने पाण्याच्या पातळीची जास्तीत जास्त उंची निश्चित केल्या-
नंतर व्हायुळ हाणाच्या निःसारणाचा अंदाज काढण्याकरितां चार पद्धती उपलब्ध
आहेत. (अ. ६५, प. ३३ ही पहावा).

- (१) ज्या वेळी अशी पाण्याची उच्च पातळी निर्माण झाली होती त्यावेळी
धरणाचे माथ्यावर पाण्याची किती उंची होती याची माहिती मिळ-
विणें आणि त्या माहितीवरून सुप्रसिद्ध अशा बांध प्रस्त्रावाच्या
गुंवांवीकी^{१३} एकाचे महाव्यानें त्या बांधकामावरून व्हाणाऱ्या प्रस्त्रावाचे
संगणन करणें.
- (२) बांदी अनाधारण धरणांत, जेथे पुलाच्या अंत्याधारांतील संकुचित
वाटेतून^{१४} व्हाणाऱ्या प्रवाहाच्या शीपे हानीचे निरिक्षण केलेले आहे
जेथे अशा वाटेतून व्हाणाऱ्या अपेक्षित शिपाच्या हानीवरून अंदाजी
प्रस्त्रावाचे संगणन करणें.
- (३) नदीवर, जर वऱ्याच लांबवर सारख्या आकाराचा काटछेद आणि
उतार उपलब्ध असेल तर खुल्या नाल्यांतील प्रवाहासंबंधीचे कूटरचे
सूत वापरून तेथील जल प्रस्त्रावाचा अंदाज बांधणें. विशेषतः
त्या नाल्यांतील रुक्षता गुणांक निश्चित करण्याकरितां लहान लहान
पुरांचे मापन प्रवाहगति मापकांनं जर अचूकपणे केलेले असेल तर
हें सहज शक्य होते.
- (४) पाण्याच्या पातळीच्या उंचीदत्ते^{१५} कवळन वक्राचें प्रक्षेपण करून
प्रस्त्रावाचा अंदाज घेणें.

परंतु ही पद्धत तदनुरूप पुराचे ढोबळ निर्देशनाकरितांच उपयुक्त होते. जर
नदीचा काटछेद विशेष नियमित असेल आणि जर रेखाटीकरितां उपयोगांत
आणलेली प्रस्त्रावाची मापे, मोठ्या प्रमाणांत आलेले पुर त्यांत समाविष्ट
होऊ शकतील अशा पल्ल्याची असतील तर त्याचा बराच उपयोग होतो.

प्रस्त्राव निश्चित करतांना बाब ३ मध्ये नमूद केल्याप्रमाणें जर उतार-क्षेत्र-
फल पद्धती वापरावयाची असेल तर तीन महत्वाच्या अनश्चिततांचा विचार
करावा लागेल —

तळटीप १३ - पहा आर इ. हॉर्टन यांचा यू. एस. भूविज्ञान सर्वेवणांतील पाणीपुरवठ्या-
संबंधीचा लेख क. २००.

१४ - गिथानी संरक्षण विभागाच्या मुख्य अभियंत्याचा अहवाल — खंड १
पान ६३ मार्च १९१६.

१५ - प्रस्त्रावाच्या मापनाने दर्शविलेली मापनपट्टीची उंची व प्रस्त्राव यांचा संबंध
कवळन वक्रावरून दिसून येतो.

- (अ) पूर वाढत असतांना नदीच्या तळात होणारे क्षरण आणि पूर ओसरत असतांना व नंतर तळात होणारे पुनर्भरण.
- (ब) मापनाकरिता उपयोगांत आणलेल्या नदीच्या क्षेत्रांच्या लांबीतील पाण्याची पातळी वाढण्याचें भिन्नभिन्न प्रमाण.
- (क) कुटरच्या गुणांक n ची आवड.

(अ) सपाट जलोढ द्रव्याचे थर असलेल्या भागातून गाळ वाहून नेणाऱ्या नदीच्या तळात बऱ्याच प्रमाणांत क्षरण होण्याची शक्यता असते. कारण, पूर आल्यावेळीं प्रवाहाचा वेग फार असतो. आणि पूर हटल्यावर तेथे पुनर्भरण होते. याकरिता उतार-क्षेत्रफळ-पद्धतीने अचूकपणें मापन करतांना काटछेदाची माहिती असणें आवश्यक असते. निदान कांहीं ठिकाणी तरी ज्यावेळी पूर अत्युच्च पातळी गाठता त्यावेळी नदीतील खोलीचे थोड्या जागी मापन करणें इष्ट असते. कांही बाबतींत पूर येऊन गेल्यानंतर घेतलेल्या काटछेदाची मापे उपयोगी पडत नाहीत.

कधी कधी वेधने घेऊन दिसून येणाऱ्या स्थिर द्रव्याचे थर अगर ज्या मूळ अन्य थरांचे, भूशास्त्रज्ञ पुरातन असे वर्गिकरण करणें शक्य आहे, अशा थरांवरून अलीकडच्या पुरांत घडलेले अधिकाधिक संभाव्य क्षरण दिसून येईल. अन्य ठिकाणी ज्या पुलांचे खांबाना, पायाला स्थूणा वापरलेल्या नसतांनासुद्धा पुरांत कांहीं धोका पोहोचलेला नाही अशा खांबांच्या पायातील पातळीवरूनही जास्तीत जास्त किती क्षरण झालेले असेल हें समजू शकेल.

- (ब) पूर वाढत असतांना पाण्याचा उतार, पाण्याची पातळी जेव्हां जास्तीत जास्त ऊंच असतो अगर जेव्हां पूर ओसरू लागतो तेव्हाच्या उतारापेक्षा तीव्र असतो. म्हणून जेव्हा पाण्याची पातळी अत्युच्च असते तेव्हां जास्तीत जास्त प्रस्त्राव निर्माण होईलच असे नाही. सर बुइल्यम बुइलकॉक्स^{१६} यांच्या मते टाइग्रिस नदीवर खालील प्रमाणें प्रस्त्राव होतो.

पाणी चढत असतांना मापकावरची १५ फूट ऊंची—

१८०,००० से.फू.

पाणी अत्युच्च पातळीवर असतांना मापकावरची २० फूट ऊंची—

१२०,००० से.फू.

पाणी उतरत असतांना मापकावरची १५ फूट ऊंची—

१०,००० से.फू.

हे बहुधा आत्यंतिक परिस्थितीचे उदाहरण आहे. मिसिसीपी-नदी-आयो-माच्या नजरेसही अशा प्रकारची उदाहरणे आली आहेत.

(क) मोठ्या पुरांत कुटर्स ११ च्या मूल्याचे उत्तम निर्देशन उतार क्षेत्रफळ मापन, दुसऱ्या पद्धतीने केलेल्या लहान पुरांच्या नंतरच्या मापनाच्या संयोगाने प्राप्त करता येते.

नैसर्गिक नालीतील ११ चे मूल्य साधारणपणे ०.०२५ ते ०.०३५ च्या दरम्यान असते, परंतु पूर कांहीवेळां अगदी भिन्न तऱ्हेच्या परिसरांत वहातो. आणि तेथे जर पृष्ठतल वराच खडबडीत असला आणि क्वचित तेथे झाडी असली तर अशा पृष्ठतलाच्या ११ चे मूल्य पुष्कळां ०.०४० ते ०.०६० आणि कधीकधी ०.१०० पेक्षाही जास्त असू शकते.

सि. इ. रॅम्सर यांच्या "फ्लो ऑफ वाटर इन ड्रेनेज चॅनेल्स, यू. एस. डिपार्टमेंट, अग्रि", बुले. १२९, नोव्हें. १९२९ या प्रसिद्धी पत्रकांत निरनिराळ्या प्रकारच्या नद्यांची चित्रे दिली आहेत आणि ११ च्या मूल्यासंबंधी शिफारसही केली आहे. कुटर्स फॉर्म्युला "कोएफिशंट्स" हा आर. इ. हार्टन यांनी इंज. न्यूज, फेब्रु. २४, १९१६, पा. ३७३ यात प्रसिद्ध केलेला लेखही वाचावा.

९. पूरसूत्रे.

अत्युच्च पूर-प्रस्नावासंबंधी वापरण्यात येणाऱ्या सूत्रात पुराच्या अपवाहास बाध येणाऱ्या अनेक गोष्टी कारणीभूत होतात. परंतु, त्यापैकी फारच थोड्यांचा विचार केला जातो. त्यामुळे अशी सूत्रे तेवढ्या मर्यादित अनुभवाधिष्ठित असतात. शेफर्डनी^{१७} असे दाखवून दिले आहे कीं पुराच्या विस्ताराशी संबंधित अशा बाबी २३ पेक्षां कमी नव्हत्या.

तळटीप १७ - नाल्यांतील प्रवाहाचा अंदाज करण्याची नवीन पद्धति— हेफोर्ड आणि फोल्स. कानेंजी इन्स्टिट्यूट, वॉशिंग्टन प्रसिद्धीपत्रक क्र. ४००, १९२९.

व्याच सूत्रात. सूत्र वापरणाऱ्याच्या नारतम्यावरून केलेल्या अनुमानावर आधारल्या गुणांक मनिवेशित केलेल्या असतो, किंवा त्याच्या मर्यादा काहीशा विस्तारित स्वरूपाच्या असतात. काही (गुणांक) ज्या प्रदेशात त्यांचे शोधन केले त्या प्रदेशालाच लागू पडतात.

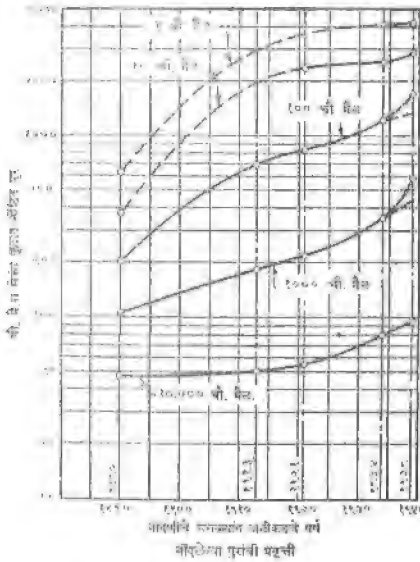
तशी प्रसिद्धीभवकांतील पुरप्रवाहाच्या सूत्रात लागू पडणारे स्थिरांक व त्याच्या स्वरूपात दिलेले असतात. त्यांचा उद्देश संपूर्ण युतापटेड स्टेड्गमधील त्यांचे विचरण माहीत व्हावे हा असतो. असे नक्ते वापरतांना हें लक्षात ठेवणे पाहिजे की ज्या क्षेत्रांत विचरण तक्त्यावर दाखविणे शक्य नसते अशा क्षेत्रात त्या स्थिरांकात अतिशय फरक पडतो.

त्याच निःसारणक्षेत्रात निरनिराळी सूत्रे वापरल्याने त्यावरून साडलेल्या निष्कर्षांतही फार मीठ्या प्रमाणात फरक पडतो. जी निरनिराळी पुरसूत्रे वापरण्यात येतात अशा सूत्रांचे वर्णन आणि विप्लेपण अ. ६५ च्या २६ व्या परिच्छेदाने केले आहे. मात्र त्यात वर्णिलेल्या निरनिराळता सूत्रांच्या तुलनात्मक अचूकतेवरून काहीही शिफारसी केलेल्या नाहीत. उलटपक्षीं निखत असे म्हटले आहे की असे सामान्य-सूत्र, पुराच्या तर्कशुद्ध पद्धतीने मिळविलेल्या अगर प्रत्यक्ष निरीक्षण केलेल्या माहितीच्या ऐवजी लागू न्याय्य भ्रूगुत मानण्यात यावे. बरीच कारणांमुळे या उद्गापनात पुरसूत्रांचा अवभाव केलेला नाही. मागील समीकरण ४ आणि ४अ यांचा उद्देश, क्षेपणक्षेत्रातील केवळ फरकाची माहिती उपलब्ध व्हावी हा आहे. प्रत्यक्ष प्रभाव किती आहे हा नक्के. कारण गृहीत विभागाकरिता C चे मुख्य किती असावे याचे या सूत्रात निर्देशन केलेले नाही.

१०. भविष्यकाळातील संभाव्य अधिकतमपुर.

एखाद्या विशिष्ट जागी किती अधिकतम प्रभाव होईल याचा अंदाज घेण्याकरिता दिलेल्या विभागांतील त्या नदीतील पुरासंबंधी नोंदलेल्या अनुसूच पुराच्या माहितीचा उपयोग करतांना हें लक्षात ठेवणे पाहिजे की जे काही पूर्वी झडले त्यापेक्षा त्यांत भविष्यकालात खात्रीने वाढ होते. आणि या कारणामुळे अशा अंदाजाने काहीशी गुंजाइत ठेवली पाहिजे. या बाबतीत निश्चित अशा शिफारशी माव करता येत नाहीत. कारण अशा मतांत बराच महत्त्वपूर्ण फरक पडण्याची शक्यता असते.

या विषयावरील जास्त खुलासेवार विवेचन अ. ६५ च्या प. ३८ मध्ये वाचकांना वाचावयास मिळेल. आणि आकृति ५ ही त्यावरूनच घेतली आहे.



आ. ५. अत्युच्च पुरांची प्रवृत्ती.

२. पुरांचे जलालेख^{१६}

(गेल. ए. हँथवे व ए. एल्. कॉर्नॅन यांनी लिहिलेला.)^{१७}

अ मूलभूत प्रवचनित विश्लेषण.

११. सामान्य विवेचन.

धरणाच्या उत्पन्न व बांधाच्या अमतेचे संकल्पित निश्चित करण्याकरित अथवा

सळटीप १८ - १९ वे १४ अनुच्छेद लिहिलाना लेखकांनी जी माहिती वापरली त्यांच्या निश्चित मूलस्थानासंबंधीची पौंच देशाचा प्रयत्न करण्यांत आला आहे. या सरळ सरळ निर्देशादिचाय ज्यांनी जलगतिविषयक संगणन, पद्धति व विशेषण या संबंधांच्या पद्धतीत प्रगती केली व येथे मुनविद्येच्या कार्यपद्धतीत विविध प्रमाणांत सुधारणा करून ज्यांचा समावेश केला आहे अशा यु. एस. अभियांत्रिकी खात्याच्या अनेक जिल्हा आणि विभागीय कार्यालयाना विशेष श्रेय देणे अगत्याचे आहे.

सळटीप १९ - गेल. ए. हँथवे, सि. इ. मगासद, अ. सी. सि. इ. मुख्य अभियंता, वाशिंग्टन डी. सी. थेथील यु. एस. आमाच्या मुख्य अभियंताची कचेरी.

ए. एल्. कोचरन सि. इ., असोसिएट मॅबर, अ. सी. सि. इ., अभियंता, वाशिंग्टन डी. सी. थेथील यु. एस. आमाच्या मुख्य अभियंताची कचेरी.

आकृति ५ मध्ये निर- निराळा अनेक वर्षांपूर्वीच्या व युनायटेड स्टेट्समध्ये नांद केलेल्या अत्युच्च पुरांची अंदाजी विशालता दाखविण्यात आली आहे. काळाच्या ओघात, जस- जशी अधिक माहिती उपलब्ध होत जाते, तसतसे दिसून येते की कोणत्याही आकाराच्या निःसारण क्षेत्रातील मांढ्या पुरात होणारी वाढ चालूच असते. उदा. १८९० साली १०० चौ. मैलांतील अत्युच्च जात पुराचे परिमाण दर चौरस मैलाम २०० से. फूट होते. तेव १९३९ साली १९०० से. फूट म्हणजे ८३ पट वाढले. सर्वोच्च वाढलाचे आलेखन केल्यावरही हेच वैशिष्ट्य दिसून येईल अशी अपेक्षा आहे.

ज्या द्रव्यचलित बांधकामात ती पडू नयेत म्हणून अत्यंत मोठ्या प्रमाणात सुरक्षितता ठेवणें बांधनकारक असते अशा कामात अपवाहाचे केंद्रीकरण आणि त्याचे संभाव्य किंवा अत्युच्च सीमित राशीचे निरूपण करण्याकरिता गृहीत जलालेखांचे प्राकलन करावें लागते. त्याची कार्यपद्धति काय असावी हे मुचविणें हा या चर्चेचा प्रमुख उद्देश आहे.

नैसर्गिक निःसारक खोऱ्यांची लक्षणे आणि अपवाहावर परिणाम करणारे हवामानविषयक प्रवाह हे अत्यंत गुंतागुंतीचे आणि अस्थिर असतात. केवळ यांत्रिकी पद्धतीने संगणनाने त्यांचे बिनचूक मूल्यमापन करणें अशक्य असते. जरी अपवाहाच्या लक्षणांचे शास्त्रीय पद्धतीचे विश्लेषण अचूक करणें शक्य असले तरीही त्यासंबंधीची मूलभूत माहिती बोटक असल्यामुळे सामान्यतः अशा तऱ्हेच्या अभ्यासाची शक्यता विचारात घेता येत नाही.

परिवाहांच्या प्रमाणांचा आणि त्याच्या विश्वसनीयता व राशींचा अंदाज, मिळविलेल्या माहितीचा अधाविष्कार करण्याकरिता लागणाऱ्या निर्णयशक्तीच्या भक्कपणावर जितका अवलंबून असतो तितकाच तो वापरण्यात आलेल्या संगणनपद्धतीतील तपशीलावरही अवलंबून असतो.

विशिष्ट खोऱ्यातील अपवाहावर प्रभाव पडणाऱ्या वैशिष्ट्यांचा आणि हवामानाच्या प्रभावांचा सखोल अभ्यास करणें हा निर्णयशक्तीचा आवश्यक पाया आहे.

विशिष्ट परिस्थितीत अपवाह दाखविण्याकरितां योजलेल्या गृहीत जलालेखांच्या अचूकता आणि नोंद केलेल्या जलारेखांच्या तर्कसंगत विश्लेषणाची विश्वसनीयता अपवाहांच्या खालील बाबींच्या प्रधान प्रभावांचे मूल्यमापन करण्याच्या क्षमतेवर अवलंबून असते.

पर्जन्यमान—

(अ) तीव्रता, अवधि, अनुक्रम.

(ब) अनुवर्ती कालांतरातील हवेतील वितरण.

अंतःसरण—

- (अ) प्रारंभिक हानी किंवा अपवाह वन्याच प्रमाणात सुरु होण्यापूर्वीची हानी.
- (ब) सरासरीची किमान क्षमता किंवा कांहीं बाबतींत परिसरांतील आर्द्रतेच्या अवस्थांचा क्षमतेशी संबंध —

अपवाहाचे क्षेत्र—

- (अ) खोऱ्याचा आकार आणि उपनद्यांची रचना यांचे परिणाम.
- (ब) नैसर्गिक साठ्यांचे परिणाम :—

- (१) उपनद्यातील, सरोवरातील, दलदलीच्या जागावरील इ.
- (२) प्रमुख नाल्यांतील आणि खोऱ्यातील.

- (क) कृत्रिम बांधकामाचे परिणाम :—

- (१) जलाशय.
- (२) नाल्यातील सुधारणा.
- (३) जमिनीच्या वापराच्या पद्धति.

- (ड) उतारांचे परिणाम :—

- (१) प्रमुख नाल्यांच्या खोऱ्यांत आणि पूरक्षेत्रात.
- (२) प्रमुख अपवाह नाल्यांच्या उपनिसारण क्षेत्रांत.

- (इ) जमिनीवरील आवरणांचे परिणाम :—

- (१) जंगल क्षेत्रे,
- (२) लागवडीखालील क्षेत्रे.
- (३) गायराने आणि पडित जमिनी.

- (फ) अपवाह लागतो त्याला लागणाऱ्या अपवाहाच्या नाल्यातील धारणेच्या टप्प्यांतून जाण्याकरिता जो प्रत्यक्ष कालावधीतील जमिनीवरील नाल्यात पाणी झिरपून जावे म्हणून लागणारी जमिनीखालील पृष्ठभागाची क्षमता.

- (ब) पर्जन्यांचे विश्लेषण

१२ सामूहिक पर्जन्य वक्र.

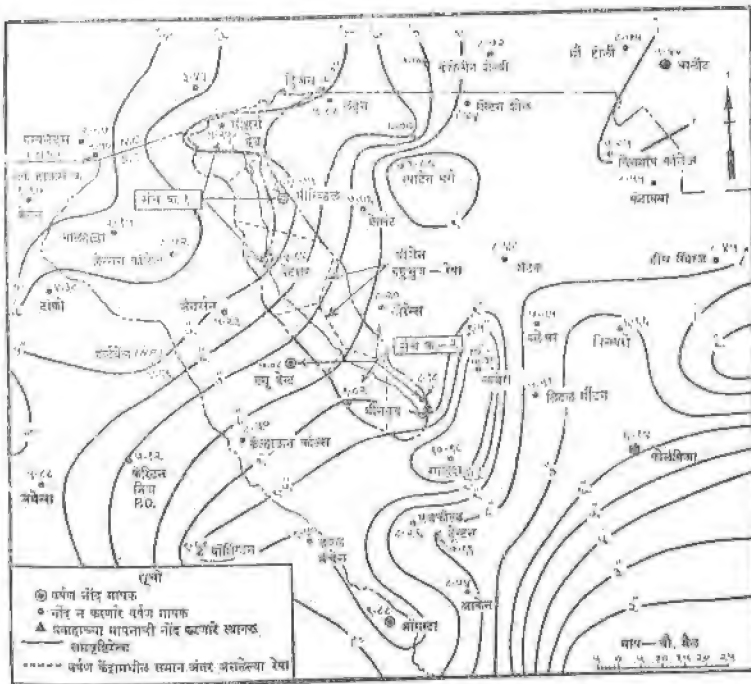
नदीच्या खोऱ्यातील निरनिराळ्या ठिकाणच्या पावसाची तीव्रता आणि कालक्रम यांचा अंदाज घेण्याच्या सर्वात सोयीस्कर पद्धतीमध्ये आ. ७ मध्ये

दाखविल्याप्रमाणे सामूहिक पर्जन्यवक्र तयार करावे लागतात. पावसाची तीव्रता आणि कालमान यांतील अंतरासंबंधी उपलब्ध असलेली संकीर्ण माहिती एकत्रित करून त्यावरून काढलेल्या निष्कर्षांची नोंद करण्याचे सामूहिक वक्र हे एक प्रमुख साधन असते.

असे वक्र तयार करण्याकरिता पुढीलप्रमाणे सामान्यतः नित्यक्रम अवलंबिला जातो :—

- (अ) आकृति ६ प्रमाणे एकूण वादळाचा, प्राथमिक, समवृष्टिरेखा-नकाशा तयार करण्यात येतो. याकरिता पावसाचे सामान्य स्वरूपाचे वर्णन करण्यासाठी प्रकाशित केलेल्या जलवर्षणाच्या माहितीचा उपयोग करण्यात येतो. जर अशा वादळात दोन अंशर जास्त अशा पावसाचे कालावधी असण्याची सुस्पष्ट चिन्हे दिसून आली तर अशा प्रत्येक प्रमुख पावसांच्या कालांतराकरिता स्वतंत्र समवृष्टि नकाशे तयार करण्यात येतात.
- (ब) वादळाच्या क्षेत्रातील पावसाच्या तीव्रतेच्या वाढत्या फरकाचा अभ्यास करणे सोयीचे व्हावे आणि जलवर्षण केंद्राची नोंद करता यावी म्हणून संमिश्र कागदावर सामुदायिक वक्र आलेखित केले जातात. प्रमुख पर्जन्य विभागाच्या सर्वात जवळच्या नोंदणी केंद्राच्या सामूहिक वक्रावरून, विविष्ट प्रकारच्या वादळाची तीव्रता दिसून येते. आणि त्यावरून ज्या मधल्या केंद्रात जलवर्षणाची नोंद झालेली नाही अशा केंद्राकरिता सामूहिक पर्जन्य-वक्रांचे अंतर्वेशन करण्यास मदत होते.
- (क) ज्या जलवर्षण केंद्रात पावसाची नोंद होत नाही तेथे पावसाची सुरवात आणि शेवट, ढगाळ हवा, वाऱ्याची दिशा व गति, आणि इतर उपयुक्त माहितीच्या निरीक्षकांच्या मूळ कागदपत्रावरून, सोयीस्कर नमुन्यात प्रतिलेखन करण्यात येते. यू. एस. हवामान खात्याकडून प्रसिद्ध झालेल्या पत्रकात अशा तऱ्हेची काही माहिती उपलब्ध आहे. परंतु, महत्त्वपूर्ण अभ्यासात बरील प्रसिद्धीपत्रकांना खालील संदर्भाची जोड द्यावी लागते.
- (१) बॉजिंग्टन डी. सी. येथील केंद्रीय हवामानखात्याच्या निरीक्षकांची आणि युनायटेड स्टेट्समधील निरनिराळ्या पुष्कळ शहरांत प्रस्थापित केलेल्या आणि हवामान खात्याच्या हवामानशास्त्रीय विभागकेंद्रांतील प्रसिद्ध झालेली मूळ टाचणे.

- (२) प्रसिद्ध केलेली व अप्रसिद्ध असलेली राज्य, नगरपालिका आणि इतर सार्वजनिक पाणीपुरवठा आणि सुरक्षा-संस्थात उपलब्ध असलेली माहिती.
- (३) जलविद्युत्, पाणीपुरवठा वगैरे योजनाशी संबंध असलेल्या खाजगी संस्थाकडील कागदपत्रे.
- (४) स्थानिक वर्तमानपत्रे आणि वादळी परिसरांतील रहिवाशांनी संपादित केलेल्या माहितीची कागदपत्रे.

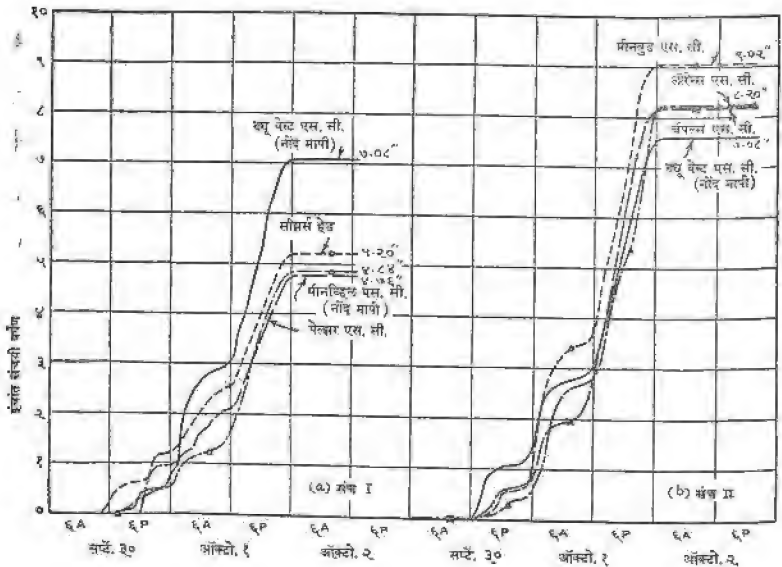


आ. ६. चॅपेलस एस. सी. च्या वरच्या वाजूच्या फालुदा नदीच्या जोऱ्याचा समवृष्टिकाशा, सप्टें. ३० ते ऑक्टो. २, १९२०.

- (ड) साधारणपणे समान झू-रचना असलेल्या विभागातील आणि जेथे वादळात समान हवामान परिस्थिती असते अशा लागून असलेल्या ४ अगर ६ केंद्रांचा एक समूह निवडण्यात येतो. अशा प्रत्येक केंद्राकरिता नोंद केलेल्या एकामागून एक येणाऱ्या कालखंडातील

एकंदर पाऊस एका पारदर्शी कागदावर आलेखित करण्यात येतो. या पारदर्शी कागदामुळे या आलेखाची दुसऱ्या कागदावर आलेखित केलेल्या वक्रांच्या समूहाशी तुलना करता येते. पहिल्या समूहाच्या भोवतालच्या दुसऱ्या समूहाकरिताही असेच आलेखन करण्यात येते.

- (इ) निश्चित केलेल्या स्थळांमधील वक्रांचे प्रक्षेपण करून सामूहिक पर्जन्यवक्र अशा तऱ्हेने पूर्ण केले जातात कीं मे हवामानशास्त्रीय विश्लेषणाने निश्चित केलेल्या शेजारच्या केंद्रातील दर्शनी आणि संचयी क्रियांतर्गत पावसाच्या अवधीशी योग्य प्रकारे सुसूत्रता दाखवितात. तसेच विशिष्ट बावीसवंधी जी अधिक माहिती उपलब्ध असेल त्या माहितीशी हे वक्र योग्य सुसूत्रता दर्शवितात. अर्थात् अशी माहिती संपूर्णपणे वक्रचित्त सुसूत्र असते. म्हणून जसजशी यासंबंधीच्या अभ्यासात प्रगति होत जाते तसतसे अत्यंत तर्कशुद्ध असे अर्थाविवेकार निश्चित केले पाहिजेत.



आ. ७. ३० सप्टें. ते २ ऑक्टो. १९२९ या कालावधीची सामूहिक पर्जन्य वक्रे.

१३. समवृष्टि लेखाचित्र.

मरामरी पर्जन्य व अतिरिक्त पर्जन्यमान अथवा वादळांच्या काळांतील पर्जन्यमागून एक येणाऱ्या त्याच्या काल-एकांकातील व विशिष्ट क्षेत्रांतील पर्जन्यराशी दाखविणाऱ्या आलेखनास "समवृष्टिलेखाचित्रे" असे म्हणतात. पुर जन्मलेखांच्या विश्लेषणाकरिता या लेखाचित्रांचा वापर करणे सोयीचे असते. यांची उदाहरणे आ. ८, ९, १७ यांत दिली आहेत.

(क) अन्तःसरण

१४. सामान्य निरूपण.

पृष्ठाचा ठराविक प्रकारच्या मातीत जर खूप पाऊस सतत पडला तर त्या मातीची पाऊस झिरपण्याची क्षमता, झिरपण्याचे काही निश्चित असे किमान प्रमाण प्रस्थापित होईल वेगाने कमी होत जाते. हा काल सामान्यतः काही तासांचाच असतो असे दाखविणत आले आहे. (अ. ६५, प. १, २, ४, आणि ५ पहा.) झिरपण्याची क्षमता कमी होण्याचा क्रम आणि किमान प्रमाण, वातन क्षेत्रांतील मातीतील छिद्रांचा आकार आणि त्या क्षेत्रांतील केशाकर्षित पाण्याच्या निष्कासनाच्या परिणामाने प्रभावित होणाऱ्या परिस्थितीवर, मुख्यतः अवलंबून असते.

अनुमानध्वक्याने, झिरपण्याच्या या सिद्धान्ताचा द्रम्य क्षेत्रांतील खूप पावसापासून भूपृष्ठावर अपवाह किती होईल याचा अंदाज घेण्याकरिता एक व्यावहारिक साधन म्हणून उपयोग करता येतो. मात्र नैसर्गिक निःसारण खोऱ्यांत ही पद्धत वापरतांना पुढील गोष्टीं विचारांत घेतल्या पाहिजेत :—

(अ) पावसाच्या कालात विविधित मातींतील सुरवातीच्या झिरपण क्षमतेचा त्या क्षेत्रातील आधीचा ओलावा आणि त्या मातीची भौतिक अवस्था यांच्याशी संबंध असतो. म्हणून एकाच प्रकारच्या मातीतील झिरपण-क्षमता बऱ्याच प्रमाणांत भिन्न भिन्न असू शकते.

(ब) पावसाच्या प्रारंभी मातींतील झिरपण-क्षमता साधारणतः जास्तीत जास्त असते आणि पुष्कळ वेळा पावसाची सुरवात तुलनेने सौम्य प्रमाणांत होते. म्हणून अस्तित्वात असलेल्या झिरपण-क्षमतेपेक्षा पावसाची तीव्रता वाढण्यास द्याच कालावधी लागतो. प्रत्यक्षांत यासंबंधीच्या

शिरपण मिट्टांताचा व्यवहारात उपयोग करताना, सौम्य प्रमाणात पावसाच्या नोंदनेपासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहांचा अंदाज काढण्या करिता निरनिराळ्या जागावरील आधीच्या ओढाव्याच्या परिस्थितीचा विचार करून त्यामुळे होणाऱ्या 'सुरवातीच्या न्हासाकरिता' काही गुंजाइश ठेवलेली असते.

(क) शिरपण्याच्या क्षमतेपेक्षा जास्त प्रमाणात वर्षण होणाऱ्या संपूर्ण काळावधीत तुलनेने मोठ्या आकाराचे निःसारण खोरे पावसाने संपूर्ण भिजत नाही. म्हणून अशा मोठ्या क्षेत्रात शिरपण्यासंबंधीचा मिट्टान्त मयुक्तिकपणे जर लागू करावयाचा असेल तर प्रवाही अपवाह निर्माण करणाऱ्या पावसाने किती क्षेत्र व्यापले आहे याचा निदान अंदाज घेण्याकरिता तरी त्या खोऱ्यांतील वेगवेगळ्या भागात पडणाऱ्या पावसाचा विचार करणे आवश्यक असते.

(ड) पुर निर्माण करणाऱ्या वादळाच्या काळात निःसारण खोऱ्यातील निरनिराळ्या विभागात पडणारा पाऊस अवळजवळ खंडित स्वरूपाचा असतो. अशा तऱ्हेच्या वर्षणानील खंडांमुळे शिरपण्याच्या मिट्टान्त-प्रमाणे जी शिरपणक्षमता सामान्यपणे अपेक्षिली जाते ती कमी होण्याच्या क्रमात बदल होतो.

१५. प्रारंभिक हानी.

विशिष्ट परिस्थितीत अपवाहनिर्मिती न होता जास्तीत जास्त वर्षण होते तेव्हा अशा अवस्थेला प्रारंभिक हानी असे म्हणतात (अ. ६५ प, ६). युनायटेड स्टेट्समधील दमट हवेच्या खोऱ्यांत प्रारंभिक हानीचे मूल्य, सापेक्षतेने पावसाळी हंगामात, किमान एक इंचाच्या काही अंशापासून ते उन्हाळ्यातील कोरड्या हवामानात, "फॉल" महिन्यात सरासरी २" इंचापर्यंत असू शकते. दमट हवेच्या प्रदेशात मोठे पुर येण्याच्या आधीच्या परिस्थितीत प्रारंभिक हानी, साधारणपणे ०.२ ते ०.५ इंच इतकी असते आणि ती पुरांतील अपवाहाच्या राशीपेक्षा तुलनेने कमी असते. म्हणून मोठ्या पुरांच्या माहितीवरून शिरपण्याच्या सूचकांकाचे संगणन करतांना प्रारंभिक हानीकरता द्यावयाची सूट बगळण्यात यावी किंवा महत्त्वाच्या चुका न होतील अशा तऱ्हेने त्या हानीचा स्थूल मानाने अंदाज घ्यावा.

फ्रॅक्लीन् एफ्. स्नायडर (अ. ६५ प. ६) यांनी भूम्यन्तर्गत निसारणावरून दिशून येणाऱ्या जागेवरील आर्द्रतेशी जुळणाऱ्या प्रारंभिक हातीच्या न्हासाच्या मूल्याचे अंदाज घेण्याकरिता एक कार्यपद्धति सुचिविली आहे. मौल्य वादळांनील निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचा अंदाज घेतांना येणाऱ्या समस्यांत ही कार्यपद्धति वापरावी अशी शिफारस आहे.

१६. शिरपण सूचकांक.

शिरपणाच्या अंदाजाचा अदमास घेणे जरूर असल्याने नैसर्गिक खोऱ्यातील पाऊस आणि अपवाहांचा माहितीवरून संगणन केलेल्या (पावसाच्या) हातीच्या सरासरी प्रमाणाच्या, येथे "शिरपणअसते" ऐवजी "शिरपणसूचकांक" असे संबंधित्यात येईल. जेव्हां हातीच्या प्रमाणाच्या सरासरीपेक्षा जास्त असलेली पावसाची राशि थेट निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या राशीइतकी असते तेव्हा त्या हातीच्या सरासरीच्या प्रमाणाच्या शिरपण सूचकांक ("फॅक्टर") असे म्हणतात.

व्यापक अशा निसारण क्षेत्रातील मोठ्या वादळातील अपवाहांच्या राशीचा अंदाज घेण्याकरिता उपयोगात आणण्यात येणाऱ्या शिरपण सूचकांकाच्या संगणना करिता खालील पद्धति सुचविण्यात आली आहे :—

(अ) एखाद्या खोऱ्यातील मोठ्या पुरांचे उपलब्ध असलेले जवळचे अभ्यासा-करिता निवडण्यात यावेत. एकूण माहित असलेल्या अपवाहांंच्या राशीतून अंदाजित मूलभूत प्रवाह आणि बाह्य पावसातून निर्माण होणारा अपवाह हे वजा करून पृष्ठतलावरील अपवाहाच्या राशीचे संगणन करण्यात यावे. (पहा सारणी ४, स्तंभ २९, ओळी २३, ३२ आणि ३४).

(आ) आकृति ६ त दाखविल्याप्रमाणे समवृष्टि रेषांचे नकाशे प्रत्येक प्रमुख पावसाच्या कालावधीकरिता आरेखित करण्यात आले आहेत (आ. ७) आणि सामूहिक पर्जन्यवक्र तयार करण्यात आले आहेत.

(इ) निरनिराळ्या वर्षण केंद्रांच्या सर्वांत जवळचे क्षेत्र निश्चित करण्या-करिता अनेक थायसाँन बहुभुज रेखाचित्रे आरेखित करून निसारणक्षेत्राचे उपविभाग पाडण्यात येतात. (आ. ६) थायसाँसॉन बहुभुज रेखाचित्र विकसित करतांना शेजारच्या केंद्रामधून रचनारेखा काढण्यात येतात. आणि या रेषांचे लंब-समद्विभाजक त्या

त्या वर्षणकेंद्राच्या भावतालचे पूर्ण बहुभुज-रेखाचित्र प्राप्त करण्याकरिता आंगविले जातात. या प्रत्येक समद्विभाजक रेखाचित्रांतील आणि निःसारणखोऱ्यांतील (Ap) चे मापन करून तक्ते तयार करण्यात येतात (सारणी ४, स्तंभ ४).

(३) प्रत्येक केंद्राच्या बहुभुजाकृतीतील पावसाच्या सरासरी खोलीचा (फॅवचा) एकूण समपर्जन्य वादळांच्या नकाशावरून अंदाज करण्यात येता आणि विभाग १ मधील सारणी ४ स्तंभ ६ त दाखविल्याप्रमाणे त्याच्या सारण्या तयार करण्यात येतात.

(३) प्रत्येक कमवर्ती कालाच्या. एकाकाकरिता पावसाच्या, इंचात मापन केलेल्या, राशी त्या त्या वर्षण केंद्राकरिता तयार केलेल्या सामूहिक पर्जन्य वक्रावरून मापन करण्यात येतात. याकरिता कालाच्या 'महाभागी' निवड करितांना आलोचन केंद्राची घनता आणि तोंदिलेल्या माहितीचे गुणधर्म आणि अचूकता ही विचारांत घेतली पाहिजेत. विस्तृत निःसारण खोऱ्यांतील अशा अभ्यासाकरिता तीन तासांच्या कालाचा एकांक सांघीचा असतो.

(फ) (Pav/Psta) (Ap) = प्रभावी क्षेत्र. Ac. हे प्रभावी क्षेत्र प्रत्येक वर्षणक्षेत्राकरिता संगणित करण्यात येते. (विभाग १, सारणी ४, स्तंभ ८) आणि प्रत्येक केंद्राच्या बहुभुजाकृतीतील पर्जन्याच्या राशीचे दर चौ. मैलास १ इंच या प्रमाणात टप्पा 'ई' वरून प्राप्त केलेल्या ३ तासांतील पर्जन्यराशीला Ac. ने गुणून संगणन करण्यात येते. (पहा विभाग १, सारणी ४, स्तंभ १० ते २४).

(ग) प्रारंभिक न्हागाचा, खोलीच्या इंचाच्या प्रमाणात मापन करून अंदाज करण्यात येतो आणि त्याचे प्रत्येक केंद्रातील बहुभुजाकृतीकरिता दर चौ. मैलास इंचांचे प्रमाणात रूपांतर करण्यात येते. (विभाग २, सारणी ४, स्तंभ ५-६).

शिरपणमिद्वान्त लागू केला आहे असे मानण्यापूर्वी मंचयी पाऊस प्रारंभिक न्हासापेक्षा जास्त असला पाहिजे.

(ह) प्रथम दर ताशी इंचाच्या प्रमाणातील शिरपणाच्या सूचकांकाचे चांचणीमुल्य (फॅव) गृहीत घरण्यात येते आणि प्रत्येक केंद्राच्या दर

बहुभुजाकृतीकरतां दर चौ. मीलांत होणाऱ्या इंजांतील तत्सम झिरपण हानीचा तक्ता तयार करण्यांत येतो. (विभाग २, सारणी ४, स्तंभ ८). फॅवच्या चांचणी मूल्यापेक्षां जास्त असलेल्या पावसाच्या राशीची, प्रारंभिक हानीची पूर्तता झाल्यावर, भेद घालण्यात येते आणि तिची टप्पा (अ) मध्ये संगणन केलेली जमिनीवरील अपवाहाच्या राशीशी तुलना करण्यात येते. जमिनीवरील अपवाहाच्या बिनचूक राशीइतके अतिरिक्त पावसास लागणाऱ्या Fav चे मूल्य निश्चित प्राप्त होईपर्यंत ही क्रिया पुनःपुन्हा करण्यात येते. अशा प्रातिनिधिक विभागांतील पर्जन्याची व अतिरिक्त पर्जन्याची आधारसामग्री आ. ८ मध्ये निर्देशित केल्याप्रमाणे अपवाहाच्या जवळपास समवृष्टिरेषा म्हणून आलेखित करण्यात येते.

मागील परिच्छेदांत वर्णिलेली पद्धति तिचा वापर योग्य प्रमाणात केल्यास अनुभव मिळाल्यावर, विलंब वाटत नाही. जलविज्ञानाच्या इतर शाखांतील अभ्यासाकरिता अशा मूलभूत आधारसामग्रीची जरूर असते. या कार्यपद्धतीत पावसाचे हवेतील वितरण आणि पावसाच्या तीव्रतेचे वितरण-सूचकांक विचारात घेतले जात असल्यामुळे ही पद्धति मोठ्या निःसारण खोऱ्याच्या बाबतीत उपयुक्त ठरते. या पद्धतीत सूधारणा करण्यास आणि ती सोपी करण्यास वाव आहे. ती मूलभूत आधारसामग्री बिनचूक असल्यावर आणि विविष्ट प्रकल्पाच्या गरजावर अवलंबून असते. वर उल्लेखिलेल्या उदाहरणात निःसारण क्षेत्रावरील झिरपण-सूचकांक स्थिर आहे असे गृहीत धरण्यात आले होते. परंतु, जर जरूर ती माहिती उपलब्ध असेल तर तेथील जमिनीच्या वैशिष्ट्यांचा विचार करून त्यातील विचरणांचा अंदाज काढण्यास हरकत नाही. आपापल्या बहुभुज आकृती मधील झिरपणाच्या शक्तींतील होणारी संभाव्य हानी प्रायोगिक प्रकल्पावरून तयार केलेल्या झिरपण वक्राशी जुळेल अशी अंदाजेने प्राप्त करणे शक्य आहे. काही बाबतीत निःसारण खोऱ्यातील निरनिराळ्या विभागांतील पर्जन्यतीव्रतेच्या विचरणांचे अधिक चांगले निदर्शन व्हावे म्हणून थायसाँन बहुभुजाकृति पद्धतीला काटेकोरपणे चिकटून रहाण्याऐवजी निरनिराळ्या क्षेत्रांच्या सामूहिक वक्रांचे प्रक्षेपण करण्यास हरकत नाही.

व्याच निःसारण खोऱ्यांतील झिरपण-सूचकांकांची मूल्ये सारणी ५ मध्ये तयार केली आहेत. मध्यम आणि मोठ्या पुरासंबंधीच्या माहितीवरून हे सूचकांक संगणित केले होते. मागील परिच्छेदात निर्देशित केलेल्या पद्धतीने हें झिरपण-

सूचकांक कांटेकोरपणे घात करण्यात आले नव्हते परंतु, त्यांच्या मूल्यावरून प्रातिनिधिक क्षेत्रांतील मोंठ्या वादळांतील अपेक्षित अशा किमान विरण-सूचकांकांची अंदाजी कल्पना येऊ शकेल.

(ड) अपवाहाचे क्षेत्र

१७. सामान्य विचार

अपवाहांचे जलालेख निश्चित करण्याचे घटक पूर्वीच नमूद केले आहेत. एक हजार चौरस मैलांपेक्षा कमी अमणाच्या क्षेत्रांतील, नैसर्गिक निःसारण खोऱ्यांतील अपवाहांचे क्षेत्र अंदाजित करण्याच्या बहूतेक सर्व व्यावहारिक पद्धतींत सामान्यता एकांक-जलालेख पद्धतीचा अवलंब करावा लागतो आणि त्यावेळीं कदाचित् विविष्ट असें जांड-संगणनेही करावी लागतात. एक हजार चौरस मैलांच्या मोंठ्या निःसारण क्षेत्रांतील अपवाहांच्या क्रमांक्षा अंदाजाकरितां अधिक तर्कशुद्ध दृष्टिकोन असावा लागतो. त्यांत एकांक जलालेख पद्धतीनें प्रत्येक प्रमुख उपनदीतील व्यक्तिगत अपवाहाचा अंदाज घ्यावा लागतो आणि पूरमार्गनिर्धारणाच्या संगणनेनें या उपनदींतील प्रवाहांच्या राशीही एकत्र कराव्या लागतात.

नैसर्गिक नदीखोऱ्यांतून बहाणाच्या पुरांचे पूरमार्ग-निर्धारण ("गार्टिंग") करण्याच्या पद्धती अनेक लेखकांनी खुलासेवार सादर केल्या आहेत. (अ. ६५, प. ५, ८, ९, १०) म्हणून त्यांचा येथे उद्घापोह करण्यात येणार नाही. उपलब्ध जलालेखांच्या विश्लेषणाच्या पद्धति आणि गृहीत जलालेखांच्या प्रगतीतून प्राप्त केलेली माहिती व पुनरूपयोग यांच्या संबंधी पुढील परिच्छेदांत सूचना करण्यात आल्या आहेत.

१८. नैसर्गिक जलालेखांचे पोटविभाग

नैसर्गिक जलालेखांच्या विश्लेषणाकरितां त्यांचे तीन प्रकारच्या प्रवाहात खालीलप्रमाणे पोटविभाग पाडण्यात यावेत.

(अ) जमिनीवरील अपवाह अथवा जमिनीवरून बहाणाच्या नाल्यांतील जमिनी-वरून बहाणारे पाणी.

(ब) निम्नपृष्ठ वादळी प्रवाह अगर जो वादळानंतर थोड्याच वेळात ठराविक नाल्यात जाऊन मिळतो परंतु जो मुख्य भूमिगत जलस्तरा-

पर्यंत पोवत नाही अशा मातीच्या उथळ विभागातून झिरपणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाचा कांही भाग.

(क) भूमिगत जलप्रवाह किंवा ज्या अपवाहाच्या कालावधीचा अभ्यास करण्यात येत आहे अशा अपवाहाच्या आधीच्या झिरपणाने भूमिगत जलस्तरातून मिळालेले पाणी आणि अभ्यासाच्या कालावधीतील झिरपणाच्या प्रवेशाने प्राप्त झालेले पूरक जल.

अगदी अलिकडच्या काळापर्यंत जमिनीवरून वहाणारा जलप्रवाह आणि भूमिगत जल या दोन्हीमुळे अपवाह निर्माण होतो असे सरास मानण्याची प्रथा असे. परंतु अनेक अन्वेषकांना निरीक्षणाने असे दिसून आले की वादळाच्या वेळी झिरपणाने जे पाणी जमिनीत जिरते त्यापैकी बराचसा भाग, ते पाणी भूमिगत जलस्तरात प्रवेश करण्यापूर्वी आणि आधारभूत प्रवाह नाल्यापर्यंत पोहोचण्यापूर्वी अगदी थोड्याच कालावधीत नाल्याच्या प्रवाहाचा एक भाग म्हणून बाहेर पडते (अ. ६५ प. ६, ११). ग्रेट प्लेन्स विभागांत आणि मध्यपश्चिम आणि पश्चिम युनायटेड स्टेट्समध्ये ही घटना उघडउघड दिसून येते आणि देशाच्या इतर भागातही ती निरनिराळ्या प्रमाणांत दिसणे शक्य असते.

जेथे अपवाहाचा बराचसा भाग अशा प्रकारचा असतो तेथे निम्नपृष्ठातील वादळी प्रवाहापासून निर्माण झालेल्या अपवाहाचे प्रमाण अगर राशी यांचा अंदाज करण्याची निश्चित पद्धति अद्यापि तरी सुचविण्यात आलेली नाही. मात्र खोऱ्यांतील लक्षणांचा सांगोपांग अभ्यास आणि जलविषयक ज्ञात माहिती यांच्या सहाय्याने एकाद्या विशिष्ट क्षेत्रातील निम्नपृष्ठातील प्रवाहाच्या अवस्थेचा अंदाज करण्याच्या कांही व्यावहारिक सामान्य पद्धती अस्तित्वात असल्याचे दिसून येते.

अशा समस्यांच्या सध्या उपलब्ध असलेल्या मर्यादित स्वरूपाच्या अभ्यासा-वरून असे दिसून येते की ज्या खोऱ्यांत निम्नपृष्ठातील प्रवाहांची लक्षणे प्रामुख्याने दिसून येतात अशा ठिकाणच्या अपवाहाचे प्रमाण आणि त्याची राशि निश्चित करण्याचा योग्य मार्ग म्हणजे जमिनीतील सुरवातीच्या ओलाव्याची परिस्थिती आणि भूमिगत जलसंचय याचा परस्परसंबंध जोडणे हा होय.

यु. स्टेट्समध्ये ज्या क्षेत्रांचे दमट भाग म्हणून वर्गीकरण करण्यात आले आहे अशा बऱ्याचशा क्षेत्रात मुख्य पूर-अपवाह राशीचा निम्नपृष्ठातील वादळीप्रवाह हा एक लहानसा भाग होता. मात्र लहान पुरांची वाढ होण्यात अशा निम्नपृष्ठा-

तील प्रवाहाचा बराचसा भाग असतो आणि कधीकधी त्याचे अशा लहानशा पूरवाढीत वरेच मोठे प्रमाण असू शकते. एकांकी जलालेखाच्या विकसनांतील जलालेखांच्या विश्लेषणासंबंधी किंवा दमट विभागांतील निःसारण नाल्यातील शिरपण—सूचकांकाच्या संगणनात यापुढे केलेल्या चर्चेत निम्नपृष्ठांतील पूरप्रवाह हा मूलभूत प्रवाहाचा एक भाग म्हणून मानण्यात येईल.

१९. सामान्य अप्रबल वक्र

जलालेखांच्या विश्लेषणात ज्या पर्जन्यकालाचा विचार करण्यात येत असेल त्या कालाच्या आधीच्या अगर नंतरच्या पडणाऱ्या पावसातून बहाणारा अपवाह वगळण्याकरिता नोंद केलेल्या जलालेखात दुरुस्ती करणे सामान्यतः जरूरीचे असते. मोठ्या खोऱ्यांतील अपवाहाच्या अभ्यासात, अपवाहाचा तेथील पावसाशी संबंध जोडण्याकरिता पूरमार्ग—निर्धारणाचे संगणन करण्याची जरूरी लागेल परंतु एकांकी जलालेखाच्या विश्लेषणात ज्या नेहमीच्या खोऱ्यांचा संबंध असतो, अशा खोऱ्यांतील तीव्र पावसाच्या विभिन्न कालांतील अपवाह “सामान्य अप्रबल वक्र” वापरून समाधानकारक रीतीने वेगळे करता येतात. डब्ल्यू. बी. लॉबिन यांनी मुचविल्याप्रमाणे (अ. ६५ प. ९) मूलभूत प्रवाह वजा करून नैसर्गिक खोऱ्यातील प्रस्त्राव अगर नाल्यातील साठा दाखविणाऱ्या जलालेखांच्या खंडातून नेहमी असे “अप्रबल वक्र” संगणित करणे शक्य आहे. प्रस्त्रावांच्या व्याप्तीचा समाधानकारक रीतीने अंतर्भाव होण्याकरिता जलालेखांच्या अनेक खंडांची जरूरी लागते. सहा तासासारख्या एकाद्या सोयीस्कर कालावधीच्या एकांकाची निवड करून एकामागून एक येणाऱ्या काल खंडांतील प्रस्त्राव चालू पावसाने बाधित झाले नाहीत असे दिसणाऱ्या जलालेखांच्या खंडावरून घेण्यात येतात. प्रत्येक एकांक अपवाहाच्या कालखंडाच्या सुरवातीच्या प्रस्त्रावाची मूल्ये त्या त्या काल-खंडातील अखेरच्या प्रवाहमूल्याशी आलेखित करण्यात येतात. नंतर सर्वोच्च बिंदूच्या अंदाजी सरासरीकरिता वक्र तयार करण्यात येतात. त्यावेळी वादळाच्या कांही थोड्याच क्षेत्रांतील अपवाहाचे अप्रबलन झाल्याचे दिसून येणारे अगदीं डाव्या बाजूचे कांही बिंदू वगळण्यात येतात. कारण, ज्या नैसर्गिक जलालेखाचा अभ्यास करावयाचा असतो त्यांच्या परिमाणावरहुकूम बरील सरासरीच्या वक्रावरून मापन केलेली मूल्ये पुनः आलेखित केली जातात. वर वर्णन केलेल्या पद्धतीने तयार केलेले अप्रबल वक्र नेहमीच्या अगर वादळाच्या सरासरी वितरणा-तच लागू होतात हे लक्षात ठेवले पाहिजे. खोऱ्यातील वरच्या भागांतील संकेंद्रित पावसातून निर्माण होणारे अपवाह सामान्य अप्रबल वक्रावरून दिसून येणाऱ्या

अप्रवलयतेक्षा मावकाश मार्गे सरकत जातान अशी धर्षेक्षा असते आणि याच्या विरुद्ध परिस्थिती जोड्यामधील संकेदित पावसाच्या बाबतीत नियमणे होते.

२०. भूमिगत जलक्षयाचे वक

भूमिगत जलाशयांतील प्रस्वावाच्या प्रमाणाचा "भूमिगत जलक्षय वक" प्राप्त झालेला अंदाज करता येतो हे वक प्रत्यक्ष अपवाहामुळे अगर नालीच्या साठ्यातील प्रस्वावामुळे फारसा परिणाम न झालेल्या अशा जलालेखांच्या मांड्यापासून तयार केलेले असतात. मागील परिच्छेदात सुचविलेल्या सामान्य अप्रवलयवक तयार करण्याच्या पद्धतीचा वापर भूमिगत जलक्षय वकाच्या रचणताकरता करावा. मात्र याकरिता काही थोड्या त्रुटींचा तासाऐवजी अंदाजे २ ते ५ दिवसांच्या कालावराचा एकांक वापरण्यात यावा. ज्यामुळे नाली आणि खोऱ्यातील जलाच्या साठ्यातील प्रस्वाव प्राप्त करता येतो असे सामान्य अप्रवलय वक आणि ज्यामुळे भूमिगत जलाशयांतील निस्स्वाव भूमिगत जलक्षयवकापासून प्राप्त होतो अशा दोन्हीतील फरक नजरेतून सुटता कामा नये.

२१. जलालेखांचा पोटविभाग

निरीक्षण केलेल्या जलालेखांचे जमिनीवरील अपवाह, निम्न पृष्ठांतील वादळी प्रवाह आणि भूमिगत जलप्रवाह अशा तीन घटकात विभाजन करताना स्वतःची निर्गमकता वापरण्याची बऱ्याच प्रमाणात जरूरी असते. मोट्या पुरांतील जमिनीवरील अपवाहाच्या मानाने निम्नपृष्ठांतील वादळीप्रवाह कमी असतो आणि म्हणून तो मूलभूत प्रवाहाचा भाग मानण्यास हरकत नसते. तेथील समस्यांचे बाबतीत पुढीलप्रमाणे कियापद्धति सुचविण्यात येत आहे.

(अ) गृहीत पूरवाढीच्या संपूर्ण काळांतील आणि तत्पूर्वी बऱ्याच दिवसांच्या पावसाच्या माहितीची समवृष्टि-लेखाचित्रे आणि सामूहिक पर्जन्यवक यांचे साहाय्याने, विश्लेषण करण्यात यावे. प्रातिनिधिक क्षेत्रांची सम-वृष्टि-लेखाचित्रे जलालेखावर योग्य कालप्रमाणात आलेखित करण्यात यावीत आणि जमिनीवरील प्रवाहाच्या कालमानाचा अंदाज करण्याकरिता त्यांचा उपयोग करण्यात यावा. (पहा आ. ८)

(आ) विचाराधीन पुराच्या वाढीच्या आधीच्या पावसाच्या अपवाह आ. ८ मधील D-C वक्रात दाखविल्याप्रमाणे आधीच्या पूरवाढीचे वक अंदाजित मूलभूत प्रवाह-रेषेचा छेद होईपर्यंत लांबवून वगळण्यात यावा.

(३) पुरवाडीच्या सुरवातीनंतर १२ ते १८ तासापर्यंत सामान्य जलक्षयवक्र (‘‘Normal Depletion Curve’’) वर दाखविलेल्या क्रमाप्रमाणे भूमिगत जलप्रवाह कमी होत जातो असे गृहीत धरण्यात येते, (पहा वक्र A-B आ. ८). सुरवातीच्या काही कालावधीत जेव्हा एकदमा पुरवाढ होते तेव्हा नाल्याच्या नजीकच्या भूमिगत जलस्तरावर पाण्याचा उलटा दाब पडला जाण्याची शक्यता असते. मूलभूत प्रवाह वाढण्यापूर्वी हा दाब निष्प्रभावीत झाला पाहिजे. जेथे जलस्तराचे अंतर किमान असते अशा नाल्याजवळच्या झिरपणाच्या प्तराव्हेणामुळे बहुधा मूलभूत प्रवाहात प्रथम वृद्धि होते. जेव्हा विद्वत्ता मंदर्भात जेथे पावसाच्या प्रत्यक्ष अपवाहाचा परिणाम भरीव प्रमाणात अपवाहावर झालेला नसतो अशा मूलभूत प्रवाह-रेषेच्या स्थानाचा शक्य तितक्या उत्तम प्रकारे अंदाज काढण्यात यावा.

(३) ज्या जागी जमिनीवरील अपवाहामुळे नालीच्या साठ्यांतील प्रस्त्राव बऱ्याच प्रमाणात ओसरण्याची शक्यता असते अशा विद्वजवळ गृहीत वाढीच्या अप्रबल वक्रास मूलभूत प्रवाहरेषेच्या खालच्या विद्वतून छेदन करील अशी एक सरळ रेषा रेखाटण्यात येते. (पहा वक्र B-C-E आ. ८) मूलभूत प्रवाहाचा एक भाग म्हणून निम्नपृष्ठातील वादळी प्रवाहाचा बराच मोठा भाग समाविष्ट करण्याचा या क्रियेत उद्देश असतो. प्रत्यक्षात स्थलमंडळातील वादळी प्रवाहाचे जास्तीत जास्त प्रमाण बहुधा पाऊस थांबताच थोड्याच वेळात वाढते आणि नंतर ते कमी कमी होत जाते. परंतु बऱ्याच अनिश्चित बाबींचा संबंध असल्याने मूलभूत प्रवाहाचा अंदाज घेण्याकरिता गुचविलेली ही सोपी क्रिया-पद्धति समाधानकारक आहे असे दिसून येते. स्थलमंडळातील वादळी-प्रवाह जलालेखाच्या नंतरच्या भागात दृग्गोचर होईल अशी सामान्यतः अपेक्षा असते आणि पुष्कळवेळा नालीच्या मंचयावस्थेतून जाण्याकरिता जमिनीवरील अपवाहाला जो वेळ लागतो त्यापेक्षा बऱ्याच जास्त कालावधीपर्यंत सहज दिसेल अशा प्रमाणात हा प्रवाह वहात रहातो. काही खोऱ्यात लघुगणकीय पत्रावर आलेखन केल्यावर अप्रबल-वक्रात तुलनेने तीव्र तूट पडते. आणि यावरून असे दिसते की स्थलमंडळातील वादळी प्रवाहाच्या प्रमाणात नाल्यातील साठ्यामधील निस्त्रावाचे प्रमाण रया ठिकाणी तुलनेने कमी होते (अ. ६५ प. ११). परंतु ही लक्षणे बरबर पहाता, निरनिराळ्या खोऱ्यात निरनिराळी असतात.

आणि जवळतो निरनिराळ्या अवस्थेकरिता खोऱ्यात जे अपवाह निर्माण होतात तेथे अपवाह दाखविणाऱ्या त्या त्या अनेक जललेखांच्या तपासणीवरून त्या लक्षणांची खात्री करून घेतली पाहिजे.

(इ) एकांकी जललेख

२२. सामान्य विवरण

कोणत्याही कालमासाच्या एकांकांत आणि एकाद्या विनिष्ट क्षेत्रीय विभागणीत जेव्हा पाऊस पडून त्यामुळे एक इंच अपवाह निर्माण होतो तेव्हा त्या अपवाहास एकांकी जललेख म्हणतात. या विवेचनेत एकांकी जललेखाचा त्याच अर्थाने उपयोग केलेला आहे. असे मूलतः गृहीत धरण्यात आले आहे की, एकांक कालावधीत जर २ इंच अनिश्चित पाऊस पडला तर एकांकी जललेखाच्या कोटी (Ordinate) पेक्षा दुप्पट कोटी असलेला अपवाहाचा जललेख निर्माण होईल. समान क्षेत्र वितरणांतील अनिश्चित पावसाच्या क्रमवर्ती (Successive) एकांकापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे प्रमाण एकांकी जललेखाच्या प्रमाणात असते असे गृहीत धरण्यात आले आहे आणि अपवाहाचा संपूर्ण जललेख प्राप्त करण्याकरिता एकांक कालावधीतील एकांकी, क्रमवर्ती अनिश्चित पावसाच्या एकांकी जललेखांना गुणून प्राप्त केलेल्या अनेक अर्धवट जललेखांच्या कोटी मिळविण्यात येतात.

ही मूलभूत धारणा काटेकोरपणे लागू करण्यात येत नाही, परंतु, अनुभवाने असे दिसून आले आहे की अनेक व्यावहारिक समस्यांचे बाबतीत, एकांक जललेखपद्धतीने होणाऱ्या परिणामाची विनम्र माहिती पुष्कळ प्रमाणात प्राप्त करता येते. मात्र तिचा उपयोग करतांना योग्य ते तारतम्य वापरले पाहिजे (अ. ६५, प. ४)

एकांकी जललेख पद्धतीच्या विकासाच्या सुरवातीच्या अवस्थेत साधारणपणे असे मानण्यात येई की, निःसारण क्षेत्रांत ज्या पावसामुळे एकांकी जललेख प्राप्त झाला त्या पावसाचे प्रमाण त्या क्षेत्रात सर्व ठिकाणी एकसारखे असते, परंतु अशा समजुतीमुळे एकांकी जललेखांच्या क्रियापद्धती वापरण्यात आणि त्या लागू करण्याच्या क्षमतेत फारच मर्यादितपणा येऊ लागला. निःसारण क्षेत्रांत समान वितरण झालेल्या जललेखांचा सरासरी पर्जन्यमानांत बहाणाच्या अपवाहाच्या प्रमाणाचे संगणन करण्याकरिता उपयोग करता येतो. या उलट,-

खात्याच्या बाजूच्या खात्यांतील काहीशा जास्त तीव्रतेच्या वर्षणापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे क्षेत्र दाखविणाऱ्या एकांकी जलालेखाचा, प्रस्त्रावाच्या त्रिक प्रमाणाचा अंदाज करण्यासाठी उपयोग होऊ शकतो. पावसाच्या वितरणातील किरकोळ विचरणाचे परिणाम खोऱ्यांतील (पाण्याच्या) साठ्याच्या सहाय्यामुळे नाहीस होतात. परंतु वितरणांतील महत्वाची विचरणे अपवाहाच्या जलालेखात प्रतिबिंबित होतात. प्रत्यक्ष पडलेल्या पावसाच्या अपवाहामांबंधी अभिलेखांचे विश्लेषण करून अगर संश्लेषण पद्धतीचा उपयोग करून, पावसाच्या वितरणांतील महत्वाची वितरणे प्रतिबिंबित होतील अशातून एकांकी जलालेख तयार करणे शक्य आहे.

“एकांकी पर्जन्यकाल” (Unit Rainfall Duration) ही संज्ञा एकांकी जलालेख प्राप्त होण्याकरिता अपवाह निर्माण करणाऱ्या पर्जन्यांच्या अगर अतिविनत पर्जन्यांच्या कालास वापरण्यात येते. सहा तासांच्या एकांकी पर्जन्यकालापासून प्राप्त होणाऱ्या एकांकी जलालेखास सहा तासांचा एकांकी जलालेख असे म्हणतात या ठिकाणी वापरलेली ‘लॅग’ (Lag) ही संज्ञा एकांकी पर्जन्यकालाच्या मध्यविंदूपासून एकांकी जलालेखाच्या उच्च विंदूपर्यंतच्या कालाच्या अर्धाला दिली जाते. एकांकी जलालेखासाठी निवडलेला एकांकी पर्जन्य काल हा अभ्यासातर्गत निवारण खोऱ्यांतील निरनिराळ्या भागात, ज्या कालात अभिकल्पित वादळी पावसाची तीव्रता अंदाजी एकसारखी असते असे मानण्यात आले आहे त्या काळापेक्षा जास्त असू नये. खोऱ्यांतील पाण्याच्या साठ्यामुळे पावसाच्या तीव्रतेतील किरकोळ विचरणाचे परिणाम दूर होत असल्याने सामान्यतः उपयुक्त एकांकी पर्जन्यकालापेक्षा काहीशा जास्त कालावधी, ज्या खोऱ्यात मोठ्या प्रमाणात संचयक्षमता आहे. अशा खोऱ्याकरता सोयीचा असतो. सहा तासांचा एकांकी पर्जन्यकाल अंदाजी शंभर चौ. मैल क्षेत्रफळापेक्षा जास्त असलेल्या निवारण क्षेत्राच्या अभ्यासाकरिता, सोयीस्कर आणि योग्यही असतो. फक्त स्थूल अभ्यासाकरिता एकांकी पर्जन्यकाल बारा तासापेक्षा जास्त धरण्यात यावा. कारण जास्त कालावधीत क्षेत्रातील पावसाच्या वितरणाला मोठे फरक पडू शकतात. असे दिसून आले आहे की अंदाजी १०० चौ. मैलापेक्षा कमी आकाराच्या निवारण क्षेत्रांत ‘लॅग’ चे मूल्य निम्मे वापरण्यास हरकत नाही.

एकांकी जलालेखाच्या प्रस्त्रावाचे प्रमाण अथवा कोटी संबंधी येथे जो निर्देश केलेला आहे तो गृहीत क्षणाच्या कालावधीत निर्माण होणाऱ्या क्षणिक प्रस्त्रावासंबंधी आहे. एकाद्या विशिष्ट एकांकी जलालेखाचा आकार निश्चितपणे

ठरविण्याकरिता प्रस्त्रावाच्या कोणत्याही सोयीस्कर अशा श्रेणीचे तक्ते तयार करावे. तक्त्यातील प्रवाहाच्या कोटीमधील कालांतर आणि एकाद्या विशिष्ट एकांकी जलालेखातील एकांकी पर्जन्यकाल यांचा एकमेकांशी काहीही संबंध नसतो. उदाहरणार्थ, — १२ तासांच्या एकांक पर्जन्य कालावधीपासून निर्माण होणाऱ्या एकांकी जलालेखाकरिता सहा तासांचे कालांतर असलेल्या प्रस्त्रावाच्या कोटीचे सारणी ९ स्तंभ २ मध्ये कोष्टक तयार केलेले आहे. बारा तासांचा एकांकी जलालेख निश्चित करण्याकरिता १२ तासांच्या कालांतराच्या प्रस्त्राव कोटीच उपयोगात आणाव्यास पाहिजे होत्या. परंतु १२ तासांचे कालमान जर वापरले असते तर स्तंभ १० तक्ता १ मधील अंतिम गृहीत जलालेखांची मूल्या १२ तासांच्या कालांतरानेच माहीत झाली असती आणि मध्यम्या मूल्याकरिता अंतर्वेशन करावे लागले असते, विनचूक पूरमूल्या मिळतील अशी सात्री येण्याकरिता जात बिंदूतून जाणाऱ्या अंतिम जलालेखाच्या आलेखानांत पुष्कळच काळजी घ्यावी लागली असती. सहा तासांचे कालांतर वापरून अंतिम जलालेख आलेखित करण्याकरिता पुरेसे बिंदू प्राप्त करता आले तरी त्याकरिता १२ तासांच्या कालांतराच्या कोटी बदलल्या नाहीत हे लक्षांत घेतले पाहिजे की १२ तासांचा एकांकी जलालेख १२ तासांच्या कालांतरातील पावसाच्या अतिरिक्त एकांकापासून निर्माण होतो आणि त्याचा एकांकी जलालेखांच्या मूल्यांचे कोष्टक तयार करण्याकरिता उपयोगात आणण्यात येणाऱ्या प्रस्त्रावांच्या कोटीच्या मधील कालाच्या अंतराशी काहीही संबंध नसतो.

एखाद्या विशिष्ट खोऱ्यात प्रत्यक्ष पडणाऱ्या पर्जन्य आणि अपवाह यांच्या माहितीवरून तयार करण्यात आलेल्या एकांकी जलालेखाने तेथील चालू परिस्थितीतील अपवाहावर परिणाम करणाऱ्या अनेक प्रकारांच्या एकत्रीकरणाचे निदर्शन होते. मूळ परिस्थितीतून भिन्न असलेल्या परिस्थितीत एकांकी जलालेखाच उपयोगा करण्याकरिता बाह्यवेशन—पद्धति वापरावी लागते, पण ती काटेकोर गणितीय पद्धति आहे असे मानता येत नाही. प्रत्येक उपलब्ध साधनाने या बाह्यवेशनाच्या प्रामाण्याची तपासणी केली पाहिजे. जेथे खोऱ्यांतील माठ्यांच्या अवस्थेत विविधता आढळते, खोऱ्यांचे आकार भिन्न असतात, निरनिराळी भूविषयक अंगे असतात, आणि हवामानात फरक आढळतो अशा वऱ्याच नद्यांच्या खोऱ्यांतील माहितीवरून तयार केलेले एकांकी जलालेख त्यांतील प्रमुख प्रवाहाच्या तुलनात्मक परिणामांचे अंदाज करण्याकरिता आधार म्हणून उपयोगी पडतात.

एकांकी जलालेख तयार करण्याकरिता खालील तीन पद्धती सामान्यपणे लागू पडतात. जलविज्ञानविषयक सर्वोच्च अभ्यासाकरिता प्रत्येक पद्धति उप-युक्तपणे वापरण्यात यावी.

(अ) पृथक् "एकांकी वादळांच्या" करता पर्जन्य अपवाहांच्या अभिलेखांचे (Record) विश्लेषण करणे.

(आ) प्रमुख वादळांतील पर्जन्य अपवाहांच्या अभिलेखांचे विश्लेषण करणे

(इ) संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखांचे संगणन करणे :-

(१) तत्सम लक्षणे असलेल्या खोऱ्यांतील सादृश्यांचा प्रत्यक्ष उपयोग करणे.

(२) इतर बऱ्याच खोऱ्यांतील अप्रत्यक्ष सादृश्यांचे व वातावरण अनुभवाधिष्ठित संबंधांचा उपयोग करणे.

२३. पृथक एकांकी वादळांचे एकांकी जलालेख

एकांकी जलालेख तयार करण्याची सगळ्यांत सरळ पद्धति खालीलप्रमाणे असते. आपल्याला पाहिजे असलेल्या एकांकी पर्जन्यकालाद्वय्या कालाकरिता साधारणतः एकसारख्या प्रमाणात एकांकी पर्जन्याचे अतिरिक्त परिणाम वेगवेगळ्या एकांकी वादळात निर्माण व्हावे लागतील. अशा वादळांतील अपवाहांची माहिती घेऊन तिचे विश्लेषण करावे लागते आणि याकरिता लागणाऱ्या संगणनाकरिता खालील सामान्य क्रियापद्धति उपयोगी पडते. (पहा. आ. ९).

(अ) खोऱ्यांची रुपरेखा दाखविणारा नकाशा (आकृति ९ अ) तयार करणे आणि नाल्यांच्या मापनकेंद्राची ठावठिकाणे आणि खोऱ्यातील व खोऱ्याजवळची वर्षणकेंद्रे निश्चित करणे.

(ब) अभ्यासांतर्गत खोऱ्यांचा समावेश (१६ क) प्रमाणे होईल अशा तऱ्हेचे थायसन बहुकोनाकृती जाळे तयार करणे.

(क) इतर कालमानापासून साधारणपणे वेगळे असलेल्या अशा खोऱ्यात तीव्र प्रमाणात पडणाऱ्या पावसाच्या कालांच्या अंदाजी तारखा निश्चित करण्याकरिता वर्षणासंबंधीच्या हवामान कार्यालयातील जलवायु संबंधी माहितीच्या अभिलेखांची तपासणी करणे.

- (ड) टप्पा 'क' मधील प्रत्येक पर्जन्य कालावधीमधील अपवाहाची राशी अंदाजी निश्चित करण्याकरिता अभ्यासांमंत खोऱ्यांतील नाल्यांच्या प्रवाहाची माहिती पहाणे. पुढील अभ्यासाकरिता किमान एक अगर दोन इंच अपवाह निर्दिशित करणारे जलालेख निवडणे.
- (इ) टप्पा 'ड' मध्ये निवडलेल्या प्रत्येक कालावधीकरिता खोऱ्यांतील आणि त्याच्या जवळच्या वर्षणकेंद्रातील सामूहिक पर्जन्यवक्र तयार करणे (आ. १b आणि अ. १२ पहा).
- (फ) टप्पा 'ड' मध्ये निवडलेल्या प्रत्येक कालावधी करिता प्रस्त्रावांचे जलालेख आलेखित करणे (आ. १d पहा.)
- (ग) टप्पा 'ड' व 'फ' मध्ये मिळालेल्या आधारसामग्रीचा अभ्यास करून, त्यातून आपणाला, ज्या हेतूने हा अभ्यास करावयाचा आहे त्या हेतूस अत्यंत उपयुक्त होईल अशा माहितीची अंतिम अभ्यासा करिता निवड करणे.
- (ह) बाह्य पर्जन्यापासून होणारे अपवाह वगळावे लागतात. त्याकरिता अभीक्षण केलेल्या जलालेखात फेरबदल करणे आणि मूलभूत प्रवाहाचा अंदाज वाढणे, जमिनीवरील अपवाहाचा जलालेख प्राप्त करण्याकरिता तत्संबंधी एकांकी वादळांतून निर्माण झालेल्या अपवाहांच्या एकूण जलालेखातून मूलभूत प्रवाह वजा करणे.
(पहा आ. १d आणि अ २१)
- (घ) (प्लॅनीमीटरने अगर संगणन करून) जमिनीवरील अपवाहातील जलालेखांच्या राशीचे मापन करणे; अतिरिक्त पर्जन्यराशींचे संगणन करणे; आणि या आधारसामग्रीचे आलेखन करून समावृष्टि रेखाचित्र तयार करणे. (पहा आ. १c आणि अ १६). एकांकी वादळातून निर्माण झालेल्या जलालेखावरून एकांकी जलालेखांचे संगणन करण्यात अतिरिक्त पर्जन्याच्या माहितीचा अंतर्भाव होत नाही. तथापि ज्यांचा अपवाहांच्या क्षेत्रीय परिस्थितीवर महत्वपूर्ण प्रभाव पडण्याची शक्यता असते अशा क्षेत्रीय वितरणाची आणि अपवाह निर्माण करणाऱ्या पर्जन्याच्या तीव्रतेची लक्षणं यांचे निर्देशन व्हावे लागते. म्हणून अशा आधारसामग्रीची जरूरी लागते.

- (ज) एकांकी जलालेख प्राप्त करण्याकरिता प्रत्येक एकांकी वादळापासून निर्माण होणाऱ्या जमिनीवरील अपवाहांच्या जलालेखांच्या कोटींना त्यांच्या जमिनीवरील अपवाहांच्या जलालेखांच्या राशीने भागणे. अशा निःसारण क्षेत्रातील अपवाहाचा मागाकार इंचात मोजला जातो.
- (स) जर निरनिराळ्या वादळांतील अतिरिक्त पर्जन्याच्या कालावधीत नेहमी वापरण्यात आलेल्या एकांकी कालावधीपेक्षा बऱ्याच प्रमाणात फरक पडत असेल तर अ. २९ मध्ये सुचविलेल्या पद्धतीने संगणन केलेला जलालेख इच्छित एकांकी कालावधीशी जरूर तर जुळवून घेणे.

२४. मोठ्या पुरांच्या अभिलेखावरून तयार केलेले जलालेख.

एखाद्या जोऱ्यातील जास्तीत जास्त संभवनीय अंदाजित पावसापासून अपवाहांचे क्षेत्र संगणित करण्याकरिता उपयोगात आणलेल्या एकांकी जलालेखांची प्रयोज्यता संबंधित वादळांतील अतिरिक्त पर्जन्यातील वाढीला एकांकी जलालेख लावून अभिलक्षित मोठ्या पुरांच्या जलालेखाचे पुनरुत्पादन करून, अंशतः पडताळून पहाता येते. या पद्धतीत प्रत्यक्ष वादळांतील क्रमवर्ती एकाच कालावधीतील क्षेत्रीय वितरण, आणि अतिरिक्त पर्जन्याची तीव्रता यांतील महत्वाचे फरक निश्चित करण्याकरिता पर्जन्य-अपवाहांच्या माहितीचे काळजीपूर्वक विदलेपन करण्याची जरूरी असते. सारणी ४ आ. ६, ७, ८ व १३ यामध्ये अशा माहितीची उदाहरणे दिली आहेत. एकांकी वादळापासून तयार केलेला एकांकी जलालेख अगर संश्लेषणात्मक पद्धतीने विकसित केलेला चाचणी जलालेख अभीक्षित जलालेखाशी तुलना करण्याकरिता, प्रथमतः संगणित अतिरिक्त पर्जन्य-मूल्यांना लागू करण्यात येतो. जरूरीप्रमाणे एकांकी जलालेखाच्या 'लंग' आणि आकारांत फरक करण्यात येतो. याकरिता अ. २९, मध्ये चर्चितेली S वक्र पद्धति वापरण्यात येते. आणि अशातः प्रत्यक्ष आणि संगणित जलालेखात पुरेसा निकट मेळ बसविता येतो. एखाद्या वेळी ज्ञात एका मागून एक येणाऱ्या वादळांच्या कालावधीत अतिरिक्त पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणात जर महत्वाचा फरक दिसून आला तर ज्या वादळांच्या कालावधीत क्षेत्रीय वितरण लागू केले आहे त्याकरिता एकांकी क्षेत्रीय वितरण वापरून मिश्रमिश्र जलालेख वापरण्यात यावेत.

मागील परिच्छेदांत चर्चा केलेली क्रियापद्धति ही एकांकी जलालेख प्राप्त करण्याची एक पद्धति आहे. संक्षिप्त पुरांच्या माहितीकरिता एकांकी वादळा

पावून तयार केलेल्या सामान्य जलालेखांचे विश्लेषण करून काढलेल्या निष्कर्षांपेक्षा मागील परिच्छेदांतील क्रियापद्धतीने प्राप्त केलेले निष्कर्ष जास्त खात्रीलायक असतात असे मानण्यात येते. तथापि दोंगरीद्वि पद्धतीचे निष्कर्ष एकामेकाशी पडताळून पहावेत. केवळ एकांकी जलालेख एखाद्या विशिष्ट आणि मोठ्या पुराव्या जलालेखांचे नवीतंत पुनरुत्पादन करतो म्हणून संकल्पित अतिशिवत पत्र्याचा जलालेख वापरून अपवाहाचे क्रांतिक परिणाम दिग्दर्शित होतील असे निश्चितपणे म्हणता येणार नाही. पर्जन्यवितरण, त्याची तीव्रता, आणि कालक्रम असे असू शकतील की त्यामुळे प्रत्यक्ष वादळाच्या लागू असलेल्या एकांकी जलालेखांनी निर्दिष्ट केल्यापेक्षा संकल्पित वादळात अपवाहाचे प्रमाण बऱ्याच अंशी जास्त असू शकेल. परंतु, तुकडूद विश्लेषणाने जर मोठ्या पुरांतील अपवाहाचे परिमाण आपणाने विचारात घेणे शक्य असेल तर पर्जन्याच्या अधिक मूल्यांना तीच पद्धत वापरून प्राप्त केलेल्या निष्कर्षांवर जास्त विश्वास ठेवण्यास हरकत नाही.

२५. संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेख. सामान्य चर्चा

जल विज्ञानासंबंधीच्या महत्त्वाच्या व्याख्या अभ्यासांत तत्संबंधीच्या अभिलेखातून प्राप्त केलेल्या व्युत्पत्तीच्याऐवजी अगर अभिहित आधारसामग्रीचा परस्पर संबंध जोडण्याच्या साधनांच्या ऐवजी संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखांची जरूरी पडते. तांत्रिक प्रकाशनातून संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखांच्या संगणनाच्या अनेक पद्धती दिल्या आहेत. त्यांतील बऱ्याचशा पद्धति विशिष्ट उद्दिष्ट साध्य करण्याकरिताच विकसित केलेल्या आहेत. म्हणून अन्य कामाकरिता त्यांचा सर्वात जास्त उपयुक्त पद्धती म्हणून उपयोग होणार नाही. उदाहरणार्थ, पुराचा अंदाज करताना जलद परिणामांची जरूर लागते. आणि त्याकरिता अंदाजी गणन न्याय्य ठरेल. परंतु, संकल्पित पुर जलालेखांचे अंदाज करण्याकरिता, तसे गणन चालणार नाही. अपवाहाच्या क्रांतिक जलालेखांचा अंदाज करण्याकरिता, अपवाहाचे बऱ्याच प्रमाणात संकेंद्रण होण्यास सोयीस्कर अशा अवस्था असू शकतात असे गृहीत धरले पाहिजे. परंतु, इतर समस्यांचे बाबतीत अशा अवस्थांचे सरासरी मान विचारात घेणे जास्त सधुनितक मानावे लागते. खालील परिच्छेदांत ज्या पद्धतींचे दिग्दर्शन केले आहे तिचा उद्देश मुख्यतः महत्त्वाच्या पुरांतील अपवाहांच्या क्रांतिक परिणामांचा अंदाज करण्याकरिता ती पद्धती वापरावी हा आहे. इतर समस्याकरिता सामान्य पद्धती वापरणे उपयुक्त ठरते. अशा अभ्यासात निर्णयशक्ति आणि अनुभव यांना डावलणे व्यवहाय्य ठरत नाही.

अपवाहाच्या कांतिक जलालेखाचा अंदाजी स्थूलमानाने उपयोग करण्यासाठी एकांकी जलालेखाचे विकसन करतांना (अ) अधिकतम प्रस्त्राव (आ) अधिकतम प्रस्त्रावाच्या वेळचे अपवाहाचे संकेदणाचे प्रमाण (इ) 'लॅग' काल, यांची नेमस्तपणे निश्चिती करणे प्राथमिक महत्वाचे असते. वर नमूद केलेले तिन्ही घटक निश्चित केल्यावर एकांकी जलालेखांच्या चढत्या आणि उतरत्या बाजूंचा आकार आणि त्याच्या आधाररेषेची लांबी या बाबी सामान्यतः दुय्यम महत्वाच्या ठरतात. २६. स्नायडर्सचे संश्लेषी एकांकी जलालेखांचे परस्पर संबंध

फॅकलिन एफ्, स्नायडर (अ ६५, प. ७) यांनी सादर केलेल्या अनुभवाधिष्ठित संबंधावरून असे निष्ठा जाले आहे की जेथे ताल्यातील प्रवाहामंदघ्नी माहिती उपलब्ध नसेल अशा निसारणक्षेत्रातील अपवाहांच्या लक्षणांचा अभ्यास करण्याकरिता आणि विशिष्ट उद्देश साध्य करण्याकरिता उपलब्ध असलेल्या अपवाहाच्या माहितीत फेरबदल करायला अगर तिला जोड देण्यास हे संबंध, विशेषेकरून उपयुक्त ठरतात. समीकरणात खालील संज्ञा वापरण्यात आल्या आहेत.

t_p = एकांकी पर्जन्य कालावधीचा मध्यविंदू t_r आणि एकांकी जलालेखाचा अधिकतमता विंदू यांच्यातील "लॅग", तासात.

$t_r = t_p / ५.५$ तासांतका एकांकी पर्जन्यकालावधी.

t_R = विशिष्ट अभ्यासाकरिता वापरण्यात आलेला एकांकी पर्जन्य कालावधी, तासात.

LAG_{IR} = एकांकी पर्जन्य कालावधीचा मध्यविंदू आणि एकांकी जलालेखाचा अधिकतम विंदू यांतील लॅग, तासात

q_{IR} = दर चौ. मैलास दर सेकंदाला घनफूटात एकांकी जलालेखाच्या प्रस्त्रावाचे अधिकतम प्रमाण.

Q_p = एकांकी जलालेखाच्या प्रस्त्रावाचे अधिकतमतेचे प्रमाण - दर मै. स. घन फूटात --

A = निसारण क्षेत्र - चौ. मैलात.

L_{su} = केंद्रा (Station) पासून निसारण क्षेत्राच्या गुरुत्वमध्यापर्यंतची नदीची मैलात लांबी.

L = गृहीत केंद्र आणि निसारण क्षेत्रांच्या उभमाकडील बाजूची सीमा यांतील नदीच्या पात्राची लांबी-मैल.

C_i व C_p = एकांक आणि निसारण खोऱ्यातील वैशिष्ट्ये यावर अवलंबून असलेले गुणांक.

खालील समीकरणांचा वारंवार उपयोग करण्यात येतो—

$$t_p = C_i (LL_{ca})^{0.3} \quad (८)$$

$$t_r = t_p / 5.5 \quad (९)$$

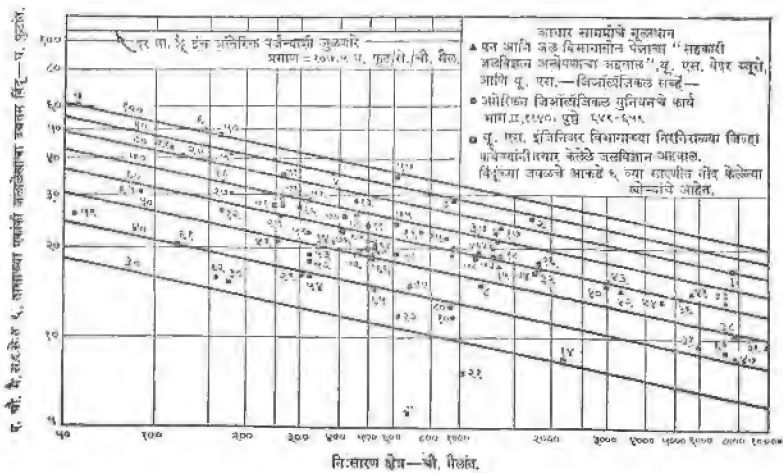
$$LAG_{IR} = t_p + 0.25(t_R - t_r) \quad (१०)$$

$$q_{IR} = 640 C_p / LAG_{IR} \quad (११)$$

$$Q_p = (q_{IR}) (A) \quad (१२)$$

एखाद्या विविष्ट क्षेत्राच्या वरच्या वाजूच्या निःसारण क्षेत्राच्या गुरुत्वमध्याचा अंदाज खालील पद्धतीने काढता येतो.

- (अ) एखाद्या फुट्याच्या तुकड्यावर निःसारण क्षेत्राच्या आराखड्याचे रेखाटन करावे, आणि ठाकठीक करून त्याला योग्य आकार द्यावा.
- (ब) फुट्या त्याच्या टोकाजवळ टाचणीने अडकवून ओळव्यात दांगावा, आणि त्यावर एक उभी रेषा काढावी. तसेच पहिल्या रेषेशी अंदाजे ९० अंशांचा कोन करून दुसरी रेषा आखावी. या दोन्ही रेषांचा छेदबिंदू हा त्या क्षेत्राचा गुरुत्वमध्य होतो आणि हा बिंदू, “ L_{ca} ” निश्चित करण्याकरिता, मूळ नकाशावर स्थानांतर्गत करावा.



आकृति १० ६ तासांच्या कालावधीच्या एकांकी जललेखांची अधिकतमता विरुद्ध निःसारण क्षेत्र.

प्रवाहाच्या मुख्य नालीच्या वाजूस साधारणपणे क्षेत्राच्या मध्याच्या समोर असलेल्या बिंदूपर्यंत 'Lca' हे अंतर मापन करण्यात येते. 'L' हे अंतर 'Lca' आणि साधारणपणे प्रवाहाच्या मुख्य नालीच्या वाजुने मापन केलेल्या खोऱ्याच्या वरच्या वाजूच्या सीमेचे श्रेष्ठ अंतर यांच्या बेरजेइतके असते.

स्नायडरने ॲपॅलॅन्सिअन हायलंड्समधील साधारण डोंगराळ खोऱ्याकरिता निश्चित केल्याप्रमाणे 640 Cp या उत्पादकाचे सरासरी मूल्य 400 असते आणि Ct चे तत्सम सरासरी मूल्य २.० असते. अभ्यासांतर्गत निसारणक्षेत्राच्या प्रातिनिधिक भागाची जर जलविज्ञानविषयक माहिती उपलब्ध असेल तर किंवा तत्सम लक्षण असलेल्या जवळच्या खोऱ्याची तशी माहिती उपलब्ध असेल तर त्यापासून Cp व Ct हे गुणांक संगणित करावेत. 'लॅंग' निश्चित करण्याकरिता देखील क्षेत्राचे खास निरीक्षण करणे व्यवहार्य असते आणि काही अभ्यासात ते इष्टही असते. जर निरनिराळी लक्षणे असलेल्या दोन अगर अधिक उपनद्यांनी हे निसारणक्षेत्र वनलेले असेल तर अशा प्रत्येक उपनदीतील निसारणक्षेत्राकरिता स्वतंत्र जलालेख संगणित करण्यात यावेत आणि एकंदर क्षेत्राचा अंलिख प्राप्त करण्याकरिता अशा जलालेखांचे निष्कर्ष एकत्रित करण्यात यावेत. बरील समीकरणे कशी प्राप्त केली आणि त्यांचा उपयोग कसा केला यामंत्रधी अधिक माहिती स्नायडर यांच्या मूळ लेखांत मिळेल (अ. ६५ प. ७)

२७. एकांकी जलालेखाचा अधिकतम प्रस्त्राव विरुद्ध निसारण क्षेत्र

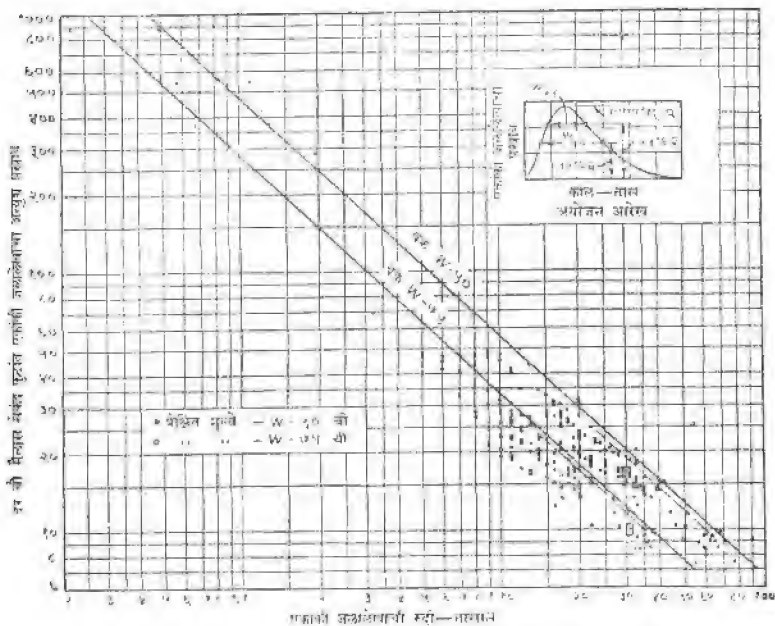
बऱ्याच खोऱ्यांतील अपवाहाच्या अंलिखांतून संगणित केलेल्या एकांकी जलालेखाच्या अधिकतम प्रस्त्रावांची मूल्ये आ. १० त निसारण क्षेत्राच्या विरुद्ध आलेखित केली आहेत. कोण्टक ६ मध्ये हे आलेखित बिंदु दाखविले आहेत. अपेक्षेप्रमाणे निरनिराळ्या क्षेत्राशी संबंधित अधिकतम प्रस्त्रावमूल्ये त्यात समाविष्ट झालेली आहेत. विशिष्ट खोऱ्यांतील अपवाहांच्या माहितीपासून तयार केलेल्या आधारसामग्रीशी मंश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखांची तुलना करण्याकरिता आ. १० चा उपयोग होतो. अगर विशिष्ट निसारण क्षेत्रातील अपवाहांच्या माहिती वरून तयार करण्यात आलेल्या एकांकी जलालेखात फेरबदल करून ज्या नाल्यांतील प्रवाहाची आधारसामग्री उपलब्ध नाही अशा क्षेत्रास लागू करण्यास उपयोग होतो.

२८: अत्यूर्चबिंदूजवळ अपवाहांचे संकेंद्रण—

बऱ्याच निसारण खोऱ्यांच्या एकांकी जलालेखांच्या अभ्यासावरून असे दिसून आले आहे की, अधिकतम प्रस्त्रावांचे प्रमाण आणि महत्तमापेक्षा अंदाजे ५०

टक्क्याहून जास्त असलेली एकांकी जललेखांची कोटीच्या जवळची रुंदी यांच्यात सर्वसाधारण संबंध असतो. या संबंधाचे निष्कर्ष आ. ११ त दाखविले आहेत.

अधिकतम ५० व ७५ टक्के कोटीच्या बरोवरीच्या प्रवाशांच्या कोटीजवळ मापन केलेल्या एकांकी जललेखांच्या रुंदीची बहुतेक मूल्ये सांगायून जातील अशा तऱ्हेने आ. ११ मधील वक्र W-50 व W-75 आरेखित केले आहेत आणि निरनिराळ्या आकारांच्या आणि अपवाहांच्या लक्षणांच्या निःसारण क्षेत्रांतील बऱ्याच एकांकी जललेखांचा अभ्यास करून ही मूल्ये प्राप्त केलेली आहेत.



आकृति ११ एकांकी जललेखांचे अत्युच्च विदूजवळ रुंदी

एकाचा विशिष्ट निःसारण क्षेत्रातील एकांकी जललेख तयार करण्यासाठी जर पर्जन्य - अपवाहासंबंधी खात्रीलायक माहिती उपलब्ध नसेल तर निरनिराळी अधिकतम मूल्ये असलेल्या संश्लेषणात्मक एकांकी जललेखांची रुंदी नेमस्त-प्रमाणात निश्चित करण्याकरिता आ. ११ मधील वक्र W-50 व W-75 वापरण्यात यावेत. जर खोऱ्यांतील संबंधित भागाकरिता एकांकी जललेखांची

तक्ता ६ वा.

आ. १० तयार करण्याकरिता जी निःसारण-क्षेत्रे विचारात घेतली होती त्यांची ओळख—

विंदु क्रमांक	नाला	स्थान
१	वाशिटा नदी, ओक्ला.	मुखाजवळ
२	योवीलाघेनी (Youghiogheny) नदी	सूटेव्हिल, पा.
३	ब्लॅक नदी	लीपर, आर्का.
४	कॅसलमन नदी	मार्कलेटन, पा.
५	साऊथ फोर्क टेन माईल क्रीक	जेफर्सन पा.
६	टर्टल क्रीक	ईस्ट पिटस्बर्ग, पा.
७	कॅनॅकॅडिआ क्रीक	आल्मंड धरणाची जागा, न्यू.यॉ.
८	टायगर्ट नदी	टायगर्ट धरणाची जागा डब्ल्यू. वा.
९	चीट नदी	राउलस्बर्ग, डब्ल्यू. पा.
१०	अलेघेनी (Allegheny) नदी	किश्वा, पा.
११	लिटल वीव्हर क्रीक	ईस्ट लिव्हरपूल पा.
१२	शूगर क्रीक	शूगर क्रीक पा.
१३	रेड बँक क्रीक	रेड बँक क्रीक धरणाची जागा, पा.
१४	अलेघेनी नदी	किश्वा पाच्या वरच्या बाजूस
१५	क्लॅरिअन नदी	क्लॅरिअन पा.
१६	किस्किमिनिटास (Kiskiminitas) नदी	व्हेडरग्रिफ्ट पा.
१७	चीट नदी	बीव्हर होल, डब्ल्यू. व्हा.
१८	कॉनेमाँघ (Conemaugh) नदी	बो (Bow), पा.
१९	वेस्ट फोर्क नदी	एंडरप्राईज, डब्ल्यू. व्हा.
२०	लॉरेल हिल क्रीक	उसिना, पा.
२१	फ्रॅच क्रीक	उटिका पा.
२२	फ्रॅच क्रीक	सीगरटाऊन (Segartown) पा.
२३	बफेलो क्रीक	बॅरॅक व्हिल, डब्ल्यू. व्हा.
२४	डंकर्ड क्रीक	बॉव टाऊन, पा.
२५	चाटिअर्स क्रीक	कार्नेजी. पा.
२६	आईल क्रीक	राऊजव्हिल, पा.

२७	रॅक्कून (Raccoon) क्रीक	मोफॅट्स (Moffatts) मिलस, पा.
२८	यलो क्रीक	हॅमोडस् विहल, पा.
२९	ब्रॉकेन्स्ट्रॉ (Brokenstraw) क्रीक	यंगस् विहल, पा.
३०	मिलर्स नदी	बर्च हिल, मॅस.
३१	अॅलेवेनी नदी	फ्रॅक्लीन, पा.
३२	अॅलेवेनी नदी	व्हॅडरप्रिपट, पा.
३३	मोनान्गाहेला नदी	धरण क्र. २, पा.
३४	वेस्ट फॉक नदी	क्लार्क्सबर्ग, डलव्यू, व्हा.
३५	टायगट नदी	फेटरमन. डलव्यू, व्हा.
३६	मोनान्गाहेला नदी	चार्लेरोय (Charleroi) पा.
३७	यौघिघेनी (Youghisgheny) नदी	कॉनेल्स् विहल पा.
३८	सुस्केहॅना (Susquehanna) नदी	टावॅडा (Townada) पा.
३९	सुस्केहॅना नदी	विल्क्स-बार (Wilkes Barre) पा.
४०	सुस्केहॅना नदीची पश्चिम शाखा	रेनोव्हा, पा.
४१	सुस्केहॅना नदीची पश्चिम शाखा	बुडल्यम पोर्ट. पा.
४२	जूनियाटा नदी	न्यू पोर्ट, पा.
४३	डेलवेअर नदी	पोर्ट जॉन्स, न्यूयॉर्क.
४४	डेलवेअर नदी	वेल्विडेर, न्यू जर्सी
४५	ले हाय (Lehigh) नदी	वेथले हेम, पा.
४६	श्यूलकिल (Schuylkil) नदी	पॉट्सडाम पा.
४७	सुस्केहॅना नदी	टावॅडा, पा.
४८	कॅनिस्टो (Canistota) नदी	आर्कपोर्ट धरण, न्यूयॉर्क.
४९	ऑटसेलिक (Otselic) नदी	विहटन पॉइंट, न्यूयॉर्क
५०	वेस्टफिल्ड नदी	नॉईटस्विहल धरणाची जागा
५१	लायलहॅन्स क्रीक	न्यू अलेक्झांड्रा, पा.
५२-५६	मॅहोनिंग क्रीक	डेटन. पा.
५७-५८	कोलडवॉटर नदी	कोलडवॉटर, मिस.
५९	सॅडल नदी	लोदी एन्. जे.
६०	विहपनी नदी	मॉरिस टाऊन, एन. जे.
६१	रॅमॅपो नदी	महावहा (Mahawah) एन. जे.

६२	रॅमॅपो नदी	पॉपटन लेक, एन. जे.
६३	वॅनेक (Wanque) नदी	वॅनेक (Wanque) एन. जे.
६४-६८	रेड बॅक क्रीक	पेन्सिल्व्हेनिया
६९	वाशिंग्टन नदी	दुर्बुड (Durwood), ओक्ला
७०	स्ट्रावेरी नदी	पीकिएप्सी (Poughkeepsie) आर्का.
७१	पेटिट जीन नदी	एनेविहल, आर्का.
७२	पेटिट जीन नदी	ब्ल्यू मॉन्टन धरणाची जागा, आर्का.
७३	व्हाईट नदीची उत्तर शाखा	टेक्युम्से, (Tecumseh) मॉ.
७४	व्हाईट नदीची उत्तर शाखा	नॉर्फॉक धरणाची जागा, आर्का.
७५	एलेव्हन पाइंट नदी	वाइले, मॉ.
७६	फोर्श-ल-फाव (Fourche la Fave) नदी	ग्रॅव्हेली, आर्का.
७७	(फोर्श-ल-फाव) नदी	निम्ब्रॉड धरणाची जागा, आर्का.
७८	लिटल रेड नदी	ग्रीअर्स (Greer's) फेरी, आर्का.
७९	रो-विलामेट (Row-Willamette) नदी	डारेना (स्टार), ओरेगा.
८०	इलिनॉईस (Illinois) नदी	टाहाक्वाक (Tahaquah) ओक्ला.

माहिती उपलब्ध असेल आणि जर अपवाहाच्या प्रमाणांचे नेमस्तपणे प्रतिनिधित्व करण्याकरिता अशा जलालेखात काही फेरबदल करावयाचा असेल तर रुढीची जात मूल्ये आ. ११ वर अलेखित करावीत आणि त्या मूल्यविद्युत वक्र W-50 व W-75 यांना समांतर असे वक्र त्या विशिष्ट खोऱ्याला लागू पडतील असे आरेखित करावे. असे वक्र अनुक्रमे A-A' व B-B' या रेषांनी दाखविले आहेत.

२९. S च्या आकाराचे वक्र जलालेख

एकाकी जलालेखाच्या कल्पनेत, जर एकाद्या निर्माण क्षेत्रात त्याच क्षेत्रीय वितरणावरटुकूम आणि त्याच तीव्रतेची लक्षणे असतील अशा तऱ्हेने अतिरिक्त पर्जन्याचे एकमान प्रमाण अनिर्बंधपणे चालू राहिले तर आधारभूत एकाकी जलालेखांच्या प्रमाणाने एकसारख्या अतिरिक्त पर्जन्याचे एकमानांतून (Unit) अपवाह प्राप्त होईल. विशिष्ट कालाशी संबद्ध अशा अपवाहाच्या संख्यामुळे त्याच्या पूर्वीच्या अतिरिक्त पर्जन्याच्या एकसारख्या व सतत प्रमाणांतून निर्माण झालेले एकूण अपवाह-प्रमाण प्राप्त होते. एकाकी जलालेखाच्या प्रायादवस्था कालातील अपवाहाचे प्रमाण अतिरिक्त पर्जन्याच्या प्रमाणातून होईल आणि नंतर ते तसेच स्थिर राहील. या तऱ्हेने निर्माण केलेल्या जलालेखाला S वक्र जलालेख असे संबोधण्यात येईल. (पहा. आ. १२). वरीलप्रमाणे निर्धारित केलेल्या S वक्र जलालेखांचा अतिरिक्त पर्जन्यांच्या निरनिराळ्या प्रमाणांतून संचित झालेल्या राशी दाखविणाऱ्या अपवाहाच्या सामूहिक वक्राशी गोंधळ करू नये.

समान एकाकी जलालेखांच्या मालिकांचे कोष्टक तयार करून त्यावरून S- वक्र एकाकी जलालेखांचे संगणन करण्यात यावे. कालाच्या स्केलवर एका एकमान पर्जन्याच्या कालावधीतून त्या एकाकी जलालेखातील वाढते अंतर ठेवून व विशिष्ट कालाकरिता त्याच्या कोटीचा संचय करून असे कोष्टक तयार करण्यात यावे. कोष्टक ७ आणि आ. १२ मध्ये या पद्धतीपेक्षा जास्त सोयीस्कर पद्धति दाखविली आहे. एकाकी जलालेखांची मूल्ये जात असतांना टप्प्याटप्प्याने S- वक्र जलालेखांचे संगणन करण्यात येते. पहिल्या १२ तासांच्या एकमान पर्जन्य-कालावधीत एकाकी जलालेख (स्तंभ २, कोष्टक ७) आणि S- वक्र यांची मूल्ये (स्तं. ४) एकसारखी असतात. पहिल्या १२ तासांच्या कालावधीतील कोष्टक ४ मधील स्तंभ ४ मध्ये दाखविलेल्या S- वक्र मूल्यांचे स्तंभ ३ मध्ये स्थलांतर करण्यात येते. आणि दुसऱ्या १२ तासांच्या कालावधी-

एकांकी जलालेख आणि S वक्र जलालेख यांचे संबंध +

कालावधी-तासांत		१२ तासांच्या जात एकक जललेखावरून S-वक्र जललेखाचे संगणन.	१२ तासांच्या S-वक्र जललेखावरून ६ तासांच्या एकक जललेखाचे संगणन.
आ. १२ तील घ. फू. से. त १२ तासाचा एकक जललेख (१)	आ. १२ तील घ. फू. से. त १२ तासाचा S-वक्र जललेख (२)	आ. १२ तील घ. फू. से. त १२ तासाचा S-वक्र जललेख (१)	६ तासांनी सरकवलेला १२ तासाचा S-वक्र जललेख (१)
१	२	३	४
१२	१००	१००	१००
१८	२००	२००	२००
२४	३००	३००	३००
३०	४००	४००	४००
३६	५००	५००	५००
४२	६००	६००	६००
४८	७००	७००	७००
५४	८००	८००	८००
६०	९००	९००	९००
६६	१०००	१०००	१०००
७२	११००	११००	११००
७८	१२००	१२००	१२००
८४	१३००	१३००	१३००
९०	१४००	१४००	१४००
९६	१५००	१५००	१५००
१०२	१६००	१६००	१६००
१०८	१७००	१७००	१७००
११४	१८००	१८००	१८००
१२०	१९००	१९००	१९००
१२६	२०००	२०००	२०००
१३२	२१००	२१००	२१००
१३८	२२००	२२००	२२००
१४४	२३००	२३००	२३००
१५०	२४००	२४००	२४००
१५६	२५००	२५००	२५००
१६२	२६००	२६००	२६००
१६८	२७००	२७००	२७००
१७४	२८००	२८००	२८००
१८०	२९००	२९००	२९००
१८६	३०००	३०००	३०००
१९२	३१००	३१००	३१००
१९८	३२००	३२००	३२००
२०४	३३००	३३००	३३००
२१०	३४००	३४००	३४००
२१६	३५००	३५००	३५००
२२२	३६००	३६००	३६००
२२८	३७००	३७००	३७००
२३४	३८००	३८००	३८००
२४०	३९००	३९००	३९००
२४६	४०००	४०००	४०००
२५२	४१००	४१००	४१००
२५८	४२००	४२००	४२००
२६४	४३००	४३००	४३००
२७०	४४००	४४००	४४००
२७६	४५००	४५००	४५००
२८२	४६००	४६००	४६००
२८८	४७००	४७००	४७००
२९४	४८००	४८००	४८००
३००	४९००	४९००	४९००
३०६	५०००	५०००	५०००
३१२	५१००	५१००	५१००
३१८	५२००	५२००	५२००
३२४	५३००	५३००	५३००
३३०	५४००	५४००	५४००
३३६	५५००	५५००	५५००
३४२	५६००	५६००	५६००
३४८	५७००	५७००	५७००
३५४	५८००	५८००	५८००
३६०	५९००	५९००	५९००
३६६	६०००	६०००	६०००
३७२	६१००	६१००	६१००
३७८	६२००	६२००	६२००
३८४	६३००	६३००	६३००
३९०			

+ सर्व प्रज्ञाव स्तंभ १ मध्ये दर्शविलेल्या तासाच्या अखेरीस असलेली अणिक मूल्ये आहेत. निःसारणक्षेत्र = १२९० चौ. मै. (आ. १२ सुद्धा पहा.)

सोप्टक ८

एकाकी जलालेखांचे संगणन

(उदाहरण) जलाशय; सालुदा नदीचे खोरे एम. मी. स्थान उपक्षेत्र क्र. १. आ. १५, निमाणण क्षेत्र १.७० चौ. मैल
 निवडलेला t_R ६ तास ; स्नायडरचे सूत्र L ६६ ; L_{ca} ३२ ; $(LL_{ca})^{0.3}$ ९.६ ; C_t २.८ ; t_0 २०.९
 $t_r = (t_0 / 4.4) = 4.4$; $0.24(t_R - t_r) = 0.2$; $LAG_{tr} = 2.8$; $680C_p = 330$; $q_{tr} = 13.2$ घ.फू.से. चौ.म.
 $Q_p = 92,600$ घ.फू.से. ; दर शेंकडा उच्चतमता - क्षेत्र - कवलन ४१ ; $S_{वक्र} : Q_{कमाल} = (नि. शें.) (२६.६९) (२४/tr)$
 $= (नि. शें. / tr) (६४५.३६) = 108.330$ घ. फू. से.

अन्य प्रवाह

आलेख क्र. १-A
 (अ) चाचणी मूल्ये.

आलेख क्र. १-A
 (ब) अंतिम मूल्ये.

ओळ
क्रमिकनामांत
काल

q_{tr} १३.२ ; लेंग २८ ; कवलन ४१
 W_{75} २७ ; W_{50} ४४ ; पायथा १२६

एकक जलालेख | S-वक्र वजोवट | S-वक्र जलालेख

१	२	३	४	५	६	७	८	९
१	६	१३००		१३००	६	१३००		१३००
२	१२	४४००	१३००	५७००	१२	४४००	१३००	५७००
३	१८	८२००	५७००	१३९००	१८	८२००	५७००	१३९००
४	२४	११७००	१३९००	२५६००	२४	११७००	१३९००	२५६००
५	३०	१२८००	२५६००	३८४००	३०	१२८००	२५६००	३८४००

तामांत
काल

q_{tr} १३.२ ; लेंग २५ ; कवलन ४१
 W_{75} २७ ; W_{50} ४४ ; पायथा १२६

एकक जलालेख | S-वक्र वजोवट | S-वक्र जलालेख

१	२	३	४	५	६	७	८	९
१	६	१३००		१३००	६	१३००		१३००
२	१२	४४००	१३००	५७००	१२	४४००	१३००	५७००
३	१८	८२००	५७००	१३९००	१८	८२००	५७००	१३९००
४	२४	११७००	१३९००	२५६००	२४	११७००	१३९००	२५६००
५	३०	१२८००	२५६००	३८४००	३०	१२८००	२५६००	३८४००

३	३६	१०४००	३८४००	५०८००	३६	१०४००	३८४००	५०८००	३८४००	५०८००
७	४२	११०००	५०८००	६१८००	४२	११०००	११०००	५०८००	५०८००	६१८००
८	४८	१००००	६१८००	७०८००	४८	१००००	६१८००	७०८००	७०८००	८१८००
९	५४	७४००	७०८००	७८२००	५४	७४००	७०८००	७८२००	७८२००	८९२००
१०	६०	६०००	७८२००	८४२००	६०	६०००	७८२००	८४२००	८४२००	९५२००
११	६६	४८००	८४२००	८९०००	६६	४८००	८४२००	८९०००	८९०००	१०००००
१२	७२	३३००	८९०००	९२३००	७२	३३००	८९०००	९२३००	९२३००	१०१०००
१३	७८	२७००	९२३००	९५०००	७८	२७००	९२३००	९५०००	९५०००	१०२०००
१४	८४	२०००	९५०००	९७०००	८४	२०००	९५०००	९७०००	९७०००	१०३०००
१५	९०	१७००	९७०००	९८७००	९०	१७००	९७०००	९८७००	९८७००	१०४०००
१६	९६	१३००	९८७००	१०००००	९६	१३००	९८७००	१०००००	१०००००	१०५०००
१७	१०२	११००	१०००००	१०११००	१०२	११००	१०००००	१०११००	१०११००	१०६०००
१८	१०८	१०००	१०११००	१०२१००	१०८	१०००	१०११००	१०२१००	१०२१००	१०७०००
१९	११४	९००	१०२१००	१०३०००	११४	९००	१०२१००	१०३०००	१०३०००	१०८०००
२०	१२०	१००	१०३०००	१०३९००	१२०	१००	१०३०००	१०४०००	१०४०००	१०९०००
२१	१२६	४३०	१०४०००	१०४३३०	१२६	४३०	१०४०००	१०४३३०	१०४३३०	१०९३३०

टीप - सर्व प्रस्नाव स्तंभ २ मध्ये निविद केलेल्या तासाच्या शेवटाशी जुळणारी तात्कालिक मूल्ये आहेत. आ. १४ मध्ये दाखविलेल्या वक्रांचाही संदर्भ घेतला आहे.

जललेखांच्या कांटींना दांनांनी गुणांचे म्हणजे महा तासांच्या कालावधीतील एक इंच अनिश्चित पर्जन्याच्या प्रमाणांची मूल्ये प्राप्त करता येतील. निरनिराळ्या कालावधीच्या एकांकी वादळातील अपवाहाच्या माहितीपासून विकसित केलेले S-वक्र जललेख व्यवहार्य पयदित, ऐच्छिक एकामान पर्जन्याच्या कालावधीच्या लागू करण्या करिता जुळवून घ्यावेत. १२ तासांच्या S- वक्र जललेखापासून ३ तासांच्या एकांकी जललेखांचे संगणन को. ७ मधील स्तंभ ५-७ मध्ये करून दाखविले आहे.

वरील उपयोगाशिवाय ही S-वक्र पद्धति जास्त नेमून अशी अधिकतम मूल्ये दाखवण्याकरता एकांकी जललेखात फेरबदल करण्याचे कामी किंवा पुढे चर्चित्याप्रमाणे पर्जन्याच्या वितरणातील सौम्य बदल प्रतिबिंबित करण्याकरिता उपयोगी पडते.

३०. संश्लेषणात्मक एकांकी जललेखाच्या संगणनाचा सारांश

ज्याकरिता खालीलवक्त अ पुरेसा पर्जन्य-अपवाहाच्या माहितीचा फायदा मिळत नाही अशा महत्वाच्या वादळी अपवाहाच्या गृहीत जललेखांचे संगणन करण्यासाठी एकांकी जललेखांचे विकसन करता यावे म्हणून खालील सामान्य क्रिया पद्धतीची शिफारस करण्यात येत आहे.

(अ) अधिकतम प्रस्त्राव, लंग आणि एकांकी जललेखांचा सामान्य आकार अंदाजी निश्चित करण्यात यावा. त्याकरिता ज्या निःसारण क्षेत्राच्या विभागातील नाल्याच्या प्रवाहाची माहिती उपलब्ध आहे तेथील जल-विज्ञानविषयक आधार सामग्रीचे विश्लेषण करण्यात यावे. अनेक ठिकाणी या वाढक जलविज्ञानविषयक माहितीचा नेहमीच्या पद्धतीने एकक जललेख तयार करण्याकरिता पुरेसा उपयोग होत नाही. पण अशी माहिती पुष्कळ वेळा संश्लेषणाकरिता फार उपयोगी पडण्याची शक्यता असते.

(आ) निःसारण क्षेत्राच्या प्रातिनिधिक विभागात जर पुरेशी जलविज्ञान विषयक माहिती उपलब्ध असेल तर अ. २६ मधील ८ व ११ या समीकरणांतील C_p आणि C_i या गुणांकांचे मूल्यमापन करावे आणि गृहीत निःसारणक्षेत्रांतील संश्लेषणात्मक एकांकी जललेखांच्या अधिकतम प्रस्त्रावाचा अंदाज काढण्याकरिता ही मूल्ये वापरावीत.

C_p व C_r यांच्या मूल्यमापनाकरिता जर जलविज्ञानविषयक माहिती उपलब्ध नसेल तर स्तायडरनी दिलेल्या गुणांकांची सरासरी मूल्ये तात्पुरती वापरावीत.

- (इ) अपवादांच्या अंतर्भूत असलेल्या लक्षणांची साधारणपणे तुलना करून एका विशिष्ट क्षेत्राकरिता संगणित केलेली एकांकी जललेखांची अधिकतम प्रस्त्राव मूल्ये तत्सम खोऱ्यांतील आ. १० मधील मूल्यांची सुसंगत आहेत अगर कसे याचा अंदाज घ्यावा.
- (ई) एकांकी जललेखांच्या अधिकतम प्रस्त्रावाच्या प्रमाणाचे अगदी नेमस्त मूल्य निश्चित करून "एकांकी जललेखांतील समायोजना" संबंधीच्या नंतरच्या परिच्छेदात दिग्दर्शित केलेल्या पद्धतीने संश्लेषणात्मक जललेखांचे संगणन पूर्ण करावे.

३१ एकांकी जललेखांचे समायोजन

सालुदा नदीतील चॅपेल्स एस. सी. च्या वरील १२९० चौ. मैल निःसारण क्षेत्रातील जलविज्ञान विषयक माहितीवरून प्राप्त केलेल्या आ. १३ मधील ३ वासाच्या एकांकी एक नंबरच्या जललेखांचे समायोजन करून ते आ. १५ (कोष्टक ८पहा) मधील उपक्षेत्र क्र. १ नें दाखविलेल्या १,७० चौ. मैल निःसारण क्षेत्रास लागू करण्यात आले, त्याकरिता ही पद्धति कशी लागू केली याचे हे उदाहरण आहे.

- (अ) आ. १३ मधील एक नंबरच्या एकक जललेखांच्या हंडांचे अधिकतम प्रस्त्रावाच्या ५० व ७५ टक्के इतक्या (कोटीप्रमाणे मापन करण्यात आले आणि ती मूल्ये आ. ११ त आलेखित केली. W-५० आणि W-७५ वक्राशी समांतर अशा त्या बिंदूतून जाणाऱ्या रेखा A-A आणि B-B' आरेखित करून आ. ११ त दाखविण्यात आल्या.

- (आ) आ. १३ मधील नं. १ च्या एकांकी जललेखांच्या प्रस्त्रावांच्या कोटि (ऑडिनेटस) त्यात संबंध असलेल्या निःसारण क्षेत्राच्या सम प्रमाणात कमी करण्यात आल्या (१७०/१२९० = ०.७५) आणि ही घटित मूल्ये आ. १४ मध्ये परावर्तित जललेखांना आकार देण्याकरिता मार्गदर्शक म्हणून एक नंबरचा जललेख आलेखित करण्यात आला.

- (इ) चॅपेल एस. सी. च्या वरच्या वाजूच्या १२९० चौ. मैल क्षेत्राच्या नं. १ च्या एकक जलालेखाशी अनुरूप असे C_p व C_i हे गुणांक खालीलप्रमाणे संगणित करण्यात आले.

$$L_{ca} = ४७ \text{ मैल (नकाशावरून मोजलेले)}$$

$$L = ९२ \text{ मैल (" मापलेले)}$$

$$(LL_{ca})^{0.3} = १२.३$$

$$LAG_{iR} = ३४ \text{ तास (आ. १३ पहा)}$$

$$t_R = ६ \text{ तास (निवडलेले मूल्य)}$$

$$= t_r \text{ अगदी जवळच्या तासाइतके}$$

$$Q_{iR} = १४१०० / \text{दर से. स. घ. फूट (आ. १३ पहा)}$$

$$q_{iR} = \frac{१४१००}{१२९०} = १००.९ \text{ दर से. दर चौ. मै. घ. फू.}$$

$$C_i = LAG_{iR} / (LL_{ca})^{0.3} \text{ (अंदाजी)}$$

$$= ३४ / १२.३ = २.८ \text{ (स. ८ पहा)}$$

$$६४० C_p = (LAG_{iR}) (q_{iR})$$

$$= ३७० \text{ (समीकरण ११ पहा)}$$

- (ई) अभ्यासांतर्गत ९७० चौ. मैल निःसारण क्षेत्रात १२९० चौ. मैल क्षेत्राकरिता संगणित केलेले गुणांक C_p आणि C_i लागू पडतात असे गृहीत धरून लहान क्षेत्राला अनुरूप असे अधिकतम प्रस्त्राव आणि लँग खालीलप्रमाणे संगणित करण्यात आले.

$$L_{ca} = ४५ \text{ मैल (नकाशावरून मोजलेला)}$$

$$L = ८५ \text{ मैल (" ")}$$

$$(LL_{ca})^{0.3} = ९.९$$

$$(LAG_{iR}) = C_i (LL_{ca})^{0.3}$$

$$= २.८ (९.९)$$

$$= २८ \text{ तास}$$

$$q_{iR} = ६४० C_p / LAG_{iR}$$

$$= ३७० / २८$$

$$= १३.२ \text{ घ. फू. दर से. स. दर चौ. मै.}$$

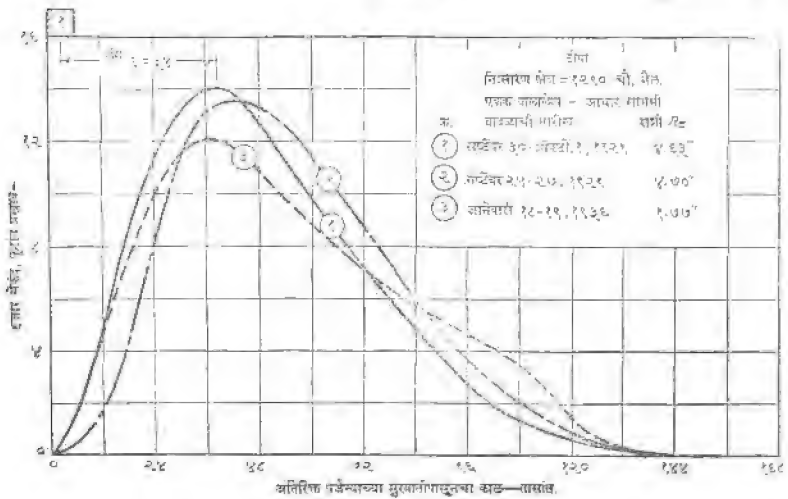
$$Q_{iR} = १२८०० \text{ घ. फू. दर से. स. (पहा एकांकी जलालेख)}$$

$$१-A \text{ आ. १४)}$$

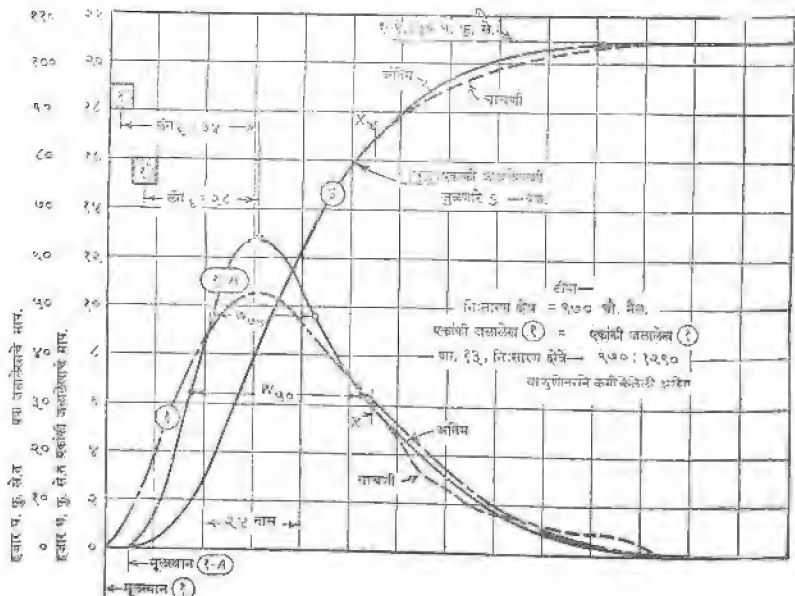
- (उ) धरणाच्या जागेच्या वरील १७० चौ. मैल क्षेत्राकरिता संगणित केलेल्या संश्लेषणात्मक एकांकी जललेखाच्या अधिकतम मूल्याशी जळणारी W '५० आणि W ७५ ची मूल्ये आ. ११ तील वक्र A-A' आणि B-B' वरून घेण्यात आली आणि एकांकी जललेखाच्या अधिकतमतेच्या प्रत्येक वाजुवर आलेखित केलेल्या बिंदूच्या स्वरूपात ती ती मूल्ये अंदाजाने आ. १४ तल्या प्रमाणे दाखविण्यात आली.
- (ऊ) अंदाजित अधिकतम प्रवावातून आणि आ. १४ त दाखविल्याप्रमाणे तात्पुरता "X" या बिंदूत समाप्त होत असलेल्या W ५० आणि W ७५ यांच्या आलेखित मूल्यातून एक तात्पुरता संश्लेषणात्मक एकांकी जललेख आरेखित करण्यात आला.
- (ए) क्र. 1A हा तात्पुरत्या जललेखाला अनुरूप असा एक तात्पुरता S वक्र जललेख "X" या बिंदूपर्यंत संगणित करण्यात आला आणि अत्युच्च कोटी पर्यंत एका सरळ वक्राच्या आकारात तो पुढे प्रक्षेपित करण्यात आला. कोष्टक ८ विभाग (a) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे प्रायोगिक एकांकी जललेखाचे संगणन नंतर पुरे करण्यांत आले. आ. १४ मधील अंतिम वक्रांत दाखविल्याप्रमाणे दोन्ही जललेखांचे स्वरूप अत्यंत तर्कशुद्ध असे प्राप्त होईपर्यंत तात्पुरता एकांकी जललेख आणि S वक्र जललेख यांत वारिक सारिक फेरबदल करण्यात आले. अंतिम संगणन को. ८ विभाग (ब) मध्ये दाखविले आहे. S वक्राचे विनचूक मूल्य जात असलेल्या एकांकी जललेखाच्या उजव्या टोकापासून हे फेरबदल करण्यास सुरवात करणे सोयीस्कर असते. आणि तेथून 'X' बिंदूपर्यंत उलट दिशेने संगणन करावयाचे असते. हे करतांना योग्य वाटतील अशी एकांकी जललेखाच्या कोटीची मूल्ये गृहीत धरण्यात यावी आणि त्यावरून तत्सम S वक्राची मूल्ये संगणित करावीत. X या बिंदूजवळ S वक्राचे दोन्ही भाग मिळवण्याकरिता जे फेरबदल करावे लागतात ते अगदी सहज करता येतात.

३२. मोठ्या आणि लहान पुरांच्या जललेखावरून तयार केलेल्या एकांकी जललेखांची तुलना

एकमान कालावधीत पडणाऱ्या अपवाह निर्माण होणाऱ्या पर्जन्याच्या राशीपासून तयार केलेल्या कोणत्याही जललेखाच्या "कोटी" तितक्याच क्षेत्रांतील



आकृति १३ चपिल, एस.सी. येथील माळुदा नदीवरील ६ तांनांच्या जलावधीचे एकांकी जलाशय



आकृति १४ निःसारण क्षेत्रातील बदलामुळे एकांकी जलाशयात करावे लागणारे फेरबदल

गावनाच्या वितरणाकरिता तयार केलेल्या एकांकी जललेखाच्या तसेच 'कोटीत' पर्जन्य अतिरिक्ताच्या गुणोत्तराच्या मूल्यांनी गुणून आलेल्या गुणाकाराद्वय्या असाव्या लागतात, हे एकांकी जललेखाच्या अभ्यासेत गृहीत धरायचे येते. परंतु वास्तवेतून अनुमान काढलेला हा संबंध फक्त ठोसळ मानाने दरीवर असतो. कारण विचाराधीन खोऱ्यातील निरनिराळ्या आकाराच्या पुरांच्या काळात अपवादावर परिणाम करणाऱ्या परिस्थितीत जर मोठ्या प्रमाणात फरक पडला तर अशा संबंधात बऱ्याच प्रमाणांत चूक होईल. मोठ्या संभवनीय तुफानामुळे होणाऱ्या अपवादाच्या क्षतिक प्रमाणाचा अंदाज घेण्याकरिता, लहान पुरांच्या माहितीवरून तयार केलेल्या एकांकी जललेखांचा उपयोग करण्यात त्यातील अंतर्हित वितरूपणाचे संभवनीय मान निश्चित करावे. लागेल तथा प्रयत्नात निरनिराळ्या खोऱ्यातील लहान आणि मोठ्या पुरांच्या जलविज्ञानासंबंधीच्या आधारनामांशीचे विच्छेपण करण्यात आले. तुलनेने एकसारखे क्षेत्रीय वितरण असलेल्या क्षेत्रातील पर्जन्यापासून निर्माण झालेले सामान्य पुर निवडण्यात आले. प्रत्येक खोऱ्यातील क्रमवर्ती ६ तासांच्या कालावधीत मोठे पुर निर्माण करणाऱ्या तुफानातील पर्जन्य आणि अतिरिक्त पर्जन्याच्या राशींचे संगणन करण्यात आले आणि ज्ञात अतिरिक्त पर्जन्याच्या मूल्यांना लागू केले असता अभीक्षित जललेख उद्भूत होतील असे एकांकी जललेख विकसित करण्यात आले. तीव्र पर्जन्य-वृष्टीच्या अंदाजी वारा ताम टिकणाऱ्या एक वा अनेक तरी, सततधारा आणि त्यांच्या जोडलेला हलक्या वर्षणाचे कालावधि यांचा परिणाम म्हणून अन्वेषित झालेले बहुतेक मोठे पुर आले. अभिलेखांच्या विच्छेपणांत आणि सामान्य व मोठ्या पुरांच्या एकांकी जललेखांच्या संगणनात वाच सामान्य पद्धती, सधयती वर आधारभूत माहितीच्या लक्षणांच्या सहाय्याने, वापरण्यात आल्या. ज्या खोऱ्यांचा विचार करण्यात आला त्यांची प्रदेशरचना प्रमुख प्रवाहाच्या पात्रांच्या वाजुवर चढउताराच्या (rolling) जमिनीपासून शेवटो फूट उंच खड्या टेकड्या पर्यंत विविध प्रकारची होती.

ज्या सामान्य पुरांतील पर्जन्याचे क्षेत्रीय वितरण जवळ जवळ एकसारखे आहे अशा साधारण पुरांच्या माहितीचे संगणन करून काढलेल्या पुर जललेखांच्या अधिकतम प्रस्नाव-कोटीपेक्षा मोठ्या पुरांतील प्राप्त करावे लागणाऱ्या पूरजललेखांच्या अधिकतम प्रस्नाव-कोटी काही थोडे अपवाद सोडून, सतत जास्त होत्या. ज्या बऱ्याच खोऱ्यांचा विचार करण्यात आला आणि खोऱ्यात निःसारण क्षेत्रांतील अंदाजी ५ इंच खोलीपेक्षा जास्त अपवाह राशी दाखविणाऱ्या मोठ्या पूर-

जलालेखातून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखाच्या अधिकतम कांटी, आग्रा अपवाह एक अगर दोन इंच होना अशा सामान्य पुरांच्या माहितीतून संगणित केलेल्या मूल्यापेक्षा २५ ते ५० टक्के जास्त होत्या. काही थोड्या उदाहरणात हे विवरण यापेक्षाही जास्त होते. पुरांच्या अपवाहाच्या आकाराच्या प्रमाणात ही तफावत नव्यानी. बहुधा ती अनेक घटकांच्या परिणामावर अवलंबून असावी आणि खालील काही विशिष्ट पुरांत इतर पुरापेक्षा जास्त परिणामकारक ठरली असावीत.

वर उल्लेख केलेल्या सामान्य आणि मोठ्या पुरांच्या जलालेखापासून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखातील फरकाची मुख्य कारणे साधारणपणे खालील असावीत.

(अ) पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणातील फरक— सामान्य पुरांतील वाढीचे कारण, साधारण एकसारख्या क्षेत्रीय वितरणातील पावसाचा परिणाम हे असावे असे विश्लेषणावरून दिसते. मोठ्या पुरांच्या वेळचे पर्जन्य-वर्षण बहुधा संपूर्ण निसारण क्षेत्रावर पडते. परंतु पावसाची तीव्रता आणि त्याची मंचितराशी त्या क्षेत्रात एकसारखी नसते. मोठ्या वादळात, खोऱ्याच्या खालच्या विभागात अगर प्रमुख प्रवाहांच्या नाल्यात अतिरिक्त पावसाची राशी जर तुलनेने जास्त असली तर सामान्य पुरांच्या वाढीपासून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखानी दर्शविल्यापेक्षा अपवाहाचे जास्त संकेंद्रण होईल.

(आ) जलविषयक संबंधातील फरक— सामान्य पुरात वाढ होत असतांना नैसर्गिक नाल्यातील जलउतार (Hydraulic Gradients) सामान्यतः तुलनेने कमी असतात. कारण त्या नाल्यात उबव्यांची रांग अगित्वात असते. असजशी मोठ्या पुरांतील टप्प्यात वाढ होते तेव्हाही ही उबव्यांची वृद्ध लागतात आणि शेकडो चौ. मैल क्षेत्रापेक्षा लहान क्षेत्राच्या खोऱ्यात नाल्यांतील वहाण्याचे प्रमाण बऱ्याच अंशाने वाढते. म्हणून लहान प्रवाहांच्या मोठ्या पूरजलालेखापासून प्राप्त केलेल्या एकांकी जलालेखात, लहान पुरापासून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखापेक्षा जास्त अधिकतम प्रवाहाकांटी असतात. जेव्हा पुरांच्या वेळी मोठ्या खोऱ्यात, काठावरील साठ्यात बऱ्याच प्रमाणात वाढ होते तेव्हा टप्प्याटप्प्यांच्या पूरवाढीवरून नाल्याची वाहकता कमी होण्याची शक्यता असते. परंतु, उपनाल्यातील जास्त कार्यक्षम प्रवाहामुळे अशा घटिला प्रतिकार होतो.

अनुच्छेद ३३] संकल्पित पुरांच्या संगणनाकरता एकांक जलालेखांची निवड २८९

३३ संकल्पित पुरांच्या संगणनाकरता एकांकी जलालेखांची निवड

संभाव्य कमाल पुरांचे जलालेख निश्चित करण्याचे वावरीत केलेल्या बहुसंख्य जलविषयक अभ्यासात तुलनेने सामान्य पुरांच्या घटने संबंधाच्या माहितीवृत्ती ही निवड मर्यादित असते. अ. ३२ मध्ये ज्या कारणाची चर्चा केली आहे तदनुसार संकल्पित वादळात पावसाच्या कमाल तीव्रतम कालावधीस लागू पडणाऱ्या एकांकी जलालेखात लहान पुरांकरिता तयार केलेल्या एकांकी जलालेखातून दर्शविलेल्या जास्त अधिकतम प्रवावाच्या कोटीच्या पेक्षा जास्त उच्च कोटी श्रमतात आणि ते त्या अपवाहाचे जास्त संकेतन दाखवितात आणि असे मानणे बहुधा समर्थनीय ठरते. संकल्पित वादळात अपेक्षित असलेल्या पावसाची तीव्रता आणि क्षेत्रीय वितरणाशी योग्य प्रमाणात तुलना करता येईल अशा पावसाच्या तीव्रता व क्षेत्रीय वितरणातून निर्माण झालेल्या पुरांची जर पुरेशी खात्रीलायक जलविषयक माहिती उपलब्ध असेल तर संकल्पित पुरा अपवाहाचा अंदाज करण्या करिता, उपयोगात आणण्यात येणाऱ्या एकांकी जलालेखाच्या योग्य मूल्यातील अनिश्चितता भरीव प्रमाणाने कमी होते. परंतु उपलब्ध असलेल्या जलविषयक माहितीवरून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखात, संकल्पित पुरा प्रवावाचे संगणनात नेमस्त निष्कर्ष प्राप्त होतील अशी खात्री येण्याकरता अपवाहाचे जास्त प्रमाण दिमाचे लागते म्हणून त्यांत फेरबदल करण्याची वारंवार जरूरी पडते.

अ. ३१ मध्ये निर्देशित केलेली सामान्य पद्धति जास्त अधिकतम प्रभाव दर्शविण्याकरिता दिलेल्या एकांकी जलालेखात फेरबदल करण्याकरिता उपयुक्त आहे. क्र. १-A पेक्षा २५ ते ५० टक्के अधिकतम कोटि जास्त असलेल्या क्र. १ B आणि १-C प्राप्त करण्याकरिता आकृति १५ (b) मध्ये क्र. १-A या एकांकी जलालेखात फेरबदल करण्यात आले व त्याकरता ही पद्धत मनमानीपणे अनुसरण्यात आली होती. अधिकतमतेच्या ५० आणि ७५ टक्के असलेल्या कोटीच्या वर तीव्ही एकांकी जलालेखातील प्रत्येकाची रुंदी आ. ११ मधील A-A' आणि B-B'' या वक्रावरून प्राप्त केलेली होती.

संकल्पित वादळांतील एकामागून एक येणाऱ्या एक मान कालावधीतील अपवाहाचे प्रमाण अंदाजित करण्याकरिता निवडलेले एकांकी जलालेख त्या त्या संबंधित कालात घडतील असे गृहीत धरलेल्या पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणाला लागू करावेत. तुलनेने सौम्य तीव्रतेच्या कालातील पर्जन्य, क्षेत्रीय वितरणात साधारणतः एकसारखा असतो आणि त्यांतील अपवाहाच्या कार्यक्षेत्राचा (Regimen)

सामान्य पुराच्या माहितीपासून तयार केलेला एकांकी जलालेख लागू करून अंदाज करावा. असे करणे हे सामान्य नियम म्हणून साधारणपणे समाधानकारक असते. परंतु, पर्जन्याचा १२ तासांच्या अत्यंत तीव्र कालावधीत, खालच्या खांब्यात अंश प्रमुख प्रवाहाच्या ताल्याचे आसपास, पडणाऱ्या पर्जन्याची खेळी, एकूण निःसारण क्षेत्रावरील पडणाऱ्या पावसाच्या सरासरीपेक्षा जास्त असू शकेल आणि पर्जन्याच्या तांत्रिक वितरणामुळे आणि उपनद्यांतील वरच्या रम्यांतील जलविषयक कार्यक्षमतेच्या लक्षणात वाढ झाल्याने बरील गोष्टी घडून येतात असे गृहीत धरणे योग्य असते. अ. ३० मध्ये चर्चित्याप्रमाणे सामान्य आणि मोठ्या पुरापासून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखांची तुलना करून प्राप्त केलेल्या निष्कर्षांच्या आधारे असे गृहीत धरणे योग्य दिसते की संकल्पित वादळातील १२ तासांच्या अनिश्चित पर्जन्याच्या मुद्द्याला लागू केलेल्या एकांकी जलालेखाचा अधिकतम प्रभाव—कोटि सौम्य तीव्रतेच्या पर्जन्यापासून निर्माण झालेल्या आणि एकसारख्या क्षेत्रीय वितरण असलेल्या अपवाह दर्शविणाऱ्या एकांकी जलालेखापेक्षा २५ ते ५० टक्के जास्त असतो. काही जलालेखात हा फरक बांधांही जास्त असू शकतो. संकल्पित पूर प्रवाहाचा अंदाज नेमरूपणे केला आहे अशी खात्री होण्याकरिता जलविषयक माहितीपासून तयार केलेल्या जलालेखात काही फेरवदल करावे म्हणून घेतलेले निर्णय मुख्यतः विचारशक्तीवर अवलंबून असतात. आधारसामग्रीची वैशिष्ट्ये आणि तिची व्याप्ति, अंदाज करण्याचा उद्देश आणि नेमून निष्कर्षांचे महत्त्व अशा बाबी विचार करण्यालायक आहेत. एखाद्या जलाशयाच्या प्रकृत्यामध्ये सांडण्यातील संकल्पित पुराचे विकसन करतांना एकांकी जलालेखांच्या अंतिम निवडीसंदर्भात निर्णय घ्यावा लागतो. तत्पूर्वी संकल्पित वादळापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या संकेद्रणामुळे विविध फरक निर्माण होतात व म्हणून जलाशयातील पाण्याच्या जास्तीत जास्त पातळीत किती वाढ होईल हे निश्चित करणे नेहमीच श्रेयस्कर असते.

३४. जलाशयांतील अंतःप्रवाहाचा एकांकी जलालेख

नैसर्गिक निःसारण खोऱ्यातील लांबट जलाशयाच्या निर्मितीमुळे पूर-अपवाहाच्या कार्यक्षेत्रामध्ये (Regimen) विशेष प्रमाणात बदल होतो. कारण जलाशयाच्या वरच्या बाजूस निर्माण झालेले अपवाहाचे मोठे प्रमाण आणि जलाशयाच्या बाजूच्या क्षेत्रातून प्राप्त होणाऱ्या अपवाहाचे अधिकतम प्रमाण हे दोन्ही एकाच वेळी घडून येतात. नदीच्या नैसर्गिक परिस्थितीत, जलाशयाच्या

परिस्थानातून जात असता त्या खोऱ्यांतील मंचवामुळे व नेहमीच्या घर्षणाच्या निरोधामुळे खोऱ्यांतील वरच्या भागातील अपवाहात गतिनिरोध होता. आणि त्या अपवाहाची परिणामी गति मॅनिंग सूत्रात निर्देशित केलेल्या खुल्या नाल्यांतील प्रवाहाइतकी होते. परंतु, धरण बांधणीमुळे खोल जलाशय तयार झाल्यावर जलाशयाच्या वरच्या बाजूच्या जवळील अंतःप्रवाह प्रामुख्याने स्थानान्तर-प्रक्रियेने जलाशयातून वहाता, आणि अशा अंतःप्रवाहास संवेगाचे नियंत्रण (Momentum Control) असते. तो त्याच लहरीच्या वेगाने वहातो आणि अंदाजी ती गति \sqrt{gd} इतकी असते. येथे 'd' ही प्रवाहाची फुटान मोजलेली खोली दाखविते आणि g हे गुरुत्वाकर्षणामुळे होणारे त्वरण (32.2) असते. जलाशयाच्या सीमेच्या आत नैसर्गिक नदीच्या नालीतून या पूरलहरी वाहण्यास लागणाऱ्या वेळेचा अंदाज काही तासांपासून दीडदिवसापर्यंत असू शकतो. परंतु, पूर्ण भरलेल्या जलाशयाच्या वरच्या टोकाजवळ अंतःप्रवाह कार्यक्षम होण्याकरिता लागणारा वेळ तुल्यवादळांच्या बाबतीत, अगदी शून्यापासून काही तासापर्यंत असू शकतो. निःसारण खोऱ्यातील निरनिराळ्या विभागांतील अपवाह एकाच वेळी येण्याच्या काळातील फरकामुळे पूर्ण भरलेल्या जलाशयांतील अपवाहाचे प्रमाण अणातःचेने निर्माण होते की ते नैसर्गिक नदीच्या बाबतीत धरणाच्या जागी होणाऱ्या अपवाहाच्या प्रमाणापेक्षा बरेच जास्त असते. अर्थात् काही जलाशयात हे फरक किरकोळ स्वरूपाचेही असू शकतात.

सांडव्याच्या संकल्पित बादळाच्या काळात पूर्ण भरलेल्या जलाशयाचा अंतःप्रवाहाच्या कांतिक प्रमाणाचा पुढील पद्धतीने सहज अंदाज करता येतो. ही पद्धति, युनायटेड स्टेट्स इंजिनिअर खाते, यू. एस. आर्मी, यांच्या लिट्लरॉक डिस्ट्रिक्टच्या कार्यालयाने विकसित केलेल्या पद्धतीशी होबळ मानाने जुळणारी आहे.

(अ) जलाशयाच्या निःसारण क्षेत्राचे आ. १५ C मध्ये दाखविल्याप्रमाणे उपविभाग पाडण्यात येतात.

(आ) त्याच्या उपविभागाकरिता उपलब्ध असलेल्या जलविषयक माहितीचा उपयोग करून आणि संश्लेषणात्मक एकांकी जललेखांच्या संगणनाची जोड देऊन एकांकी जललेख तयार करण्यात येतात. याकरिता पर्जन्याच्या प्रमाणाइतकेच जलाशयाच्या पृष्ठतलावरील अपवाहाचे प्रमाण धरण्यात येते.

- (इ) उतल्याच्या जागी जलाशयातील पाण्याच्या पातळीत वाढ होण्यासाठी जलाशयाच्या वरच्या बाजूच्या टोकाजवळ, पुराच्या पाण्यास आत येण्याकरिता लागणाऱ्या वेळेचा अंदाज, स्थानांतरणाच्या \sqrt{gd} वेगा-इतका असतो असे धरून करण्यात येतो. जर स्थानांतराला लागणारा जास्तीत जास्त अवधी हा महत्त्वपूर्ण असेल तर सांडव्याच्या जागेपाशी जलाशयातील पाण्याची पातळी वाढण्याकरिता प्रत्येक नात्यां-तील जलाशयान थेट पाणी पुरविणाऱ्या अपवाहाच्या विद्येस लागणाऱ्या वेळेचा अंदाज हा, प्रवाहाच्या प्रवासास लागणारा वेळ अंतराच्या प्रमाणात असतो असे गृहीत धरून, करण्यात येतो.
- (ई) आधीच्या टप्प्यात निश्चित केलेले वेळेच्या प्रमाणाचे परस्पर संबंध ज्या कागदावर आलेखित केले आहेत त्यावरच उपविभागांतील एकांकी जलालेख आलेखित करण्यात येतात. (पहा आ १५) उपयोगाच्या सोयीसाठी जलाशयाच्या अगदी निकटच्या अनेक लहान उपक्षेत्रांतील एकांकी जलालेख त्या क्षेत्राच्या वेगवेगळ्या लागू असणाऱ्या एकाएकाकी जलालेखात एकत्रित करण्यात येतात. सांडव्यातील संकल्पित वादळां-तील पर्जन्याचे निरतिगळ्या क्षेत्रीय वितरणांच्या परिणामाचे मूल्यमापन करण्याकरिता स्वतंत्र स्वरूपात निरतिगळ्या उपक्षेत्रांतील एकांकी जलालेख राखून ठेवतात किंवा ते अशा तऱ्हेने एकत्रित करण्यात येतात की त्यांमळे (१) मुख्य उपनाल्याकरिता (२) जलाशयाच्या निकटवर्ती असणाऱ्या सामान्य उपक्षेत्राकरिता आणि (३) जलाशयाच्या पृष्ठतलाकरिता निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे स्वतंत्रपणे संगणन करता येते.
- (उ) वेगळ्यावेगळ्या उपक्षेत्रांतील अगर उपक्षेत्रांच्यासमूहातील सांडव्याच्या संकल्पित वादळांतील अतिरिक्त पर्जन्याच्या राशीशी संबंदी आहेत अशा अपवाह जलालेखांचे संगणन करण्यात येते आणि ते जलाशयातील अंतःप्रवाहाचा मिश्र जलालेख प्राप्त करण्याकरिता योग्य अशा वेळासंबंधा (Time relation) मध्ये एकत्रित करण्यात येतात (आ. १७ पहा). क्रांतिक मूल्ये निश्चित करण्याकरिता अशाच प्रकारे पर्जन्याच्या अनेक संभाव्य वादपांशी जुळणारे गृहीत जलालेख संगणित करण्यात यावे.

फ. सांडव्यांतील संकल्पित वादळे

३५ सामान्य विचार-

एखाद्या विशिष्ट खोऱ्यांतील संभाव्य व रास्त अपवाहाच्या राशी आणि त्याच्या प्रमाणाचा अत्युच्च क्रांतिक संयोग दाखविणाऱ्या जललेखाच्या मंजूरता-करिता आधारभूत धरलेल्या पर्जन्याच्या अभिलक्षणास सांडव्यांतील संकल्पित वादळे अशी संज्ञा येथे देण्यात येत आहे. सांडव्यांतील संकल्पित वादळाने तीव्र पर्जन्याचा एकच कालावधी अगर त्या क्षेत्रात अपेक्षित अशा पावसाच्या घटनेची मालिका यांचा समावेश होतो. याचाच अर्थ हा की सामान्यपणे वापरानियमांच्या मंजेच्या व्याख्येप्रमाणे जर निरतिराळ्या पावसातील वादळांची मालिका निर्माण होणे संयुक्तिकपणे संभाव्य असेल आणि एखाद्याच घटनेपेक्षा जास्त कालिक जललेख निर्माण करण्याची तिच्यांत क्षमता असेल तर अशी भिन्न भिन्न पावसाळी वादळे म्हणजेच उत्प्लवी संकल्पित वादळे होत.

एखाद्या विशिष्ट निःसारण क्षेत्रांतील संकल्पित क्रांतिक पर्जन्याचा अंदाज निश्चित करण्याकरिता त्या खोऱ्याचा आकार, रचना व त्यांतील अपवाहांच्या तनेच त्या क्षेत्रांतील मोठ्या वादळांच्या हवामानाविषयक लक्षणांचा विचार करण्याची जबाबारी असते. काही निःसारण क्षेत्रांत तुलनेने अगदी थोड्या कालावधीतील अत्यंत तीव्र वादळातून क्रांतिक प्रवाह निर्माण होतात, तर इतर कमी तीव्र असलेल्या पण जास्त कालावधीतून उत्पन्न होणाऱ्या वादळातून अनिश्चय तीव्र पुर निर्माण होतात सामान्य नियम म्हणून असे म्हणता येईल की ज्या हवामानाच्या परिस्थितीत लहान क्षेत्रात अत्यंत तीव्र पर्जन्याचे प्रमाण प्राप्त होते ती परिस्थिती मोठ्या क्षेत्रांत अधिकतम वर्षण उत्पन्न होणाऱ्या परिस्थितीपासून भिन्न असते. (हवामान विषयक संक्षिप्त वेचक माहितीकरिता अ. ६५ परि. १२ पहा.)

एखाद्या विशिष्ट निःसारण क्षेत्रांतील संकल्पित क्रांतिक वादळांची अभिलक्षणे संयुक्तिकपणे ठरविण्याकरिता त्या क्षेत्रातील महत्वाच्या वादळांच्या माहितीचा सखोल अभ्यास करावा लागतो आणि प्रकल्पाच्या क्षेत्रातील पर्जन्य व अपवाह-मान यावर स्थानीय परिस्थितीचा काय परिणाम होतो याचे मूल्यमापन करावे लागते. अशा सर्वकृप अभ्यासात ठोकळ मानाने खाली दिलेल्या रूपांरेखाचा अवलंब करणे उचित असते.

(अ) ज्यामुळे पर्जन्याचे वेगवेगळे स्वरूप व कालावधी - खोली - क्षेत्र-यांचे परस्पर संबंध निर्माण होनात त्याच्या वैशिष्ट्यपूर्ण संयोगाची निश्चिती करण्याकरिता अभ्यासांतर्गत खोऱ्याच्या भोंवतालच्या क्षेत्रातील महत्वाच्या वादळांच्या लाक्षणिक अवस्था आणि वर्षणासंबंधी उपलब्ध माहितीचे विदलेपण करण्यात यावे.

(आ) एकत्रित झालेल्या हवेचे गुणधर्म आणि उच्चतम वादळातील अस्तित्वांत असणारी लाक्षणिक परिस्थिती यांच्या विदलेपणाच्या आधारे जर प्रत्यक्ष वादळाच्या वेळची परिस्थिती त्या क्षेत्रात निर्माण होणाऱ्या संभाव्य वादळाच्या परिस्थितीतकी क्रांतिक असेल तर अशा परिस्थितीतील पावसाच्या राशीच्या वाढीच्या प्रमाणात अंदाज करण्यात यावा.

(इ) संबंधित क्षेत्रातील सूर्यचनेतील अंगाचा व स्थानांतराचा विचार करून अभ्यासांतर्गत निःसारण खोऱ्यात उद्भवणाऱ्या प्रत्येक अत्युच्च वादळाच्या अभ्यासाकरिता लागणाऱ्या त्या परिसरातील हवामान विषयक अवस्थांत होणाऱ्या फेरबदलांचा अंदाज करण्यात यावा.

(ई) अत्युच्च वादळाच्या काळात हवामानाची जास्त तीव्र परिस्थिती निर्माण झाली असल्यास त्या पावसाच्या राशीतील वाढ आणि अभ्यासांतर्गत खोऱ्यातील त्या त्या वादळाचे स्थानांतर करण्याकरिता लागणारे समायोजन करून, त्याविषित निःसारण क्षेत्रातील, वर्षातील निरनिराळ्या ऋतुमानांतील, क्रांतिक पर्जन्य-कालावधी-खोली-क्षेत्र दर्शविणाऱ्या अंदाजाची निवड करण्यात यावी.

(उ) वर्षाच्या सोममातील क्रांतिक वादळी पर्जन्याच्या जोडीला, वितळणाऱ्या वर्षापासून निर्माण होणाऱ्या पूर अपवाहाच्या भागीदारीचे प्रमाण आणि त्याची अधिकतम राशी यांचे अंदाज घ्यावेत.

(ऊ) निरनिराळ्या सोममात अस्तित्वांत असणाऱ्या किमान जिरपण शक्तीची संभवता आणि वर्षाच्या सोममात वर्ष वितळून मिळणाऱ्या अपवाहाची जास्तीत जास्त भर ही विचारात घेऊन संबंधी प्रकल्पाकरिता क्रांतिक अपवाह जलदिव निष्पन्न होईल अशा संकल्पित वादळी अंदाजाची निवड करण्यात यावी. काही प्रकल्पांत अपवाहाची राशी आणि प्रमाण यांचे क्रांतिक संयोग निश्चित करण्याकरिता दोन अगर अधिक पर्जन्यांच्या जलालेखांचे संगणन करणे जरूरीचे असते.

वर उल्लेख केलेल्या अभ्यासाची स्थूल व्याप्ति लक्षात घेता या प्रकरणात त्या संबंधीच्या पद्धतीची खुलासेवार व्याप्ति देणे व्यवहार्य होणार नाही. वादळी पाऊस आणि वितळलेल्या बर्फाचा अपवाह यांच्या अभ्यासासंबंधी माहिती करिता, केंद्रीय व राज्यांतील संस्थांची तांत्रिक प्रकाशने पहावी (अ. ६५, प. १३ २४ पहा). आधीच्या परिच्छेदात ज्यांची कल्पना दिलेली आहे त्या हवामान विषयक सखोल अभ्यासाकरिता आधारसामग्रीचे व्यापक संकलन करावे लागेल या अभ्यासाकरिता बराच काल लागेल व अनुभवी माणसांची मदतही घ्यावी लागेल हे उघड आहे जरी हे खास व्यापक अध्ययन करणे पूर्णपणे समर्थनीय असले आणि महत्वाच्या प्रकल्पांचे बाबतीत अत्यंत इष्ट असले तरी पुष्कळ वेळा लागलीच मिळणाऱ्या माहितीच्या आधारे संकल्पित वादळी पर्जन्याचा अंदाज तयार करण्याची जरूरी असते. संकल्पित वादळी पर्जन्याचा अंदाज निश्चित करण्यात ज्या विशिष्ट समस्या उभ्या राहतात आणि व्यापक हवामान विषयक अभ्यासांचे निष्कर्ष उपलब्ध नसते तर ते तयार करण्याकरिता ज्या सामान्य पद्धति वापरण्यात येतात त्यासंबंधी पुढील परिच्छेदात उदापोह केला आहे.

३६ बर्फविरहित ऋतुकालीन संकल्पित वादळांचा ठोकळ अंदाज—

१००० चौ. मैलापेक्षा कमी असलेल्या निःसारण क्षेत्रातील कमवर्ती एकांकी कालावधीतील संकल्पित वादळातून अपेक्षित पर्जन्यराशींचे अंदाज त्या निःसारण क्षेत्रांत पडणाऱ्या (पावसाच्या) सरासरी खोलीच्या रूपात देण्यात येतात आणि तीव्र पर्जन्यातील वादळांचा क्रांतिक अनुक्रम, एकांकी जलालेख वापरून मनुमानांनी ठरविण्यात येतो. लहान खोऱ्यांतील झिरपण निर्देशांकाची निवड करण्याकरिता संकल्पित वादळी पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणातील नेहमीच्या फरकांचा योग्य तऱ्हेने उपयोग करण्यात यावा तसेच तेथील क्रांतिक परिस्थिति दर्शविण्याकरिता एकांकी जलालेखाचा विकास करण्याकरिता वरील फरकाचा उपयोग करावा. परंतु, मोठ्या निःसारण खोऱ्यातील अधिकतम संभाव्य पूर निश्चित करण्याकरिता, संकल्पित वादळांच्या एकामागून एक येणाऱ्या कालावधीतील पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणसंबंधी निश्चित अंदाज किंवा धारणा लक्षांत घेण्याची जरूर असते. याची मुख्य कारणे खालीलप्रमाणे आहेत—

- (अ) वादळाच्या कालावधीतील झिरपणाची संधि जमिनीच्या झिरपण शक्तीपेक्षा जास्त तीव्र शक्ति असलेल्या, पावसाने व्यापलेल्या क्षेत्राच्या प्रमाणात असते. जर संकल्पित विशिष्ट वादळी कालातील वर्षण,

निसारण क्षेत्राच्या काही भागावरच झाले आणि पर्जन्याची तितकीच राशी समान प्रमाणांत सर्व खोऱ्यांत विभागली गेली तर इतर सर्व वाऱ्या समान असताना जी झिरपण हानी होईल त्यापेक्षा ही झिरपण हानी कमी होते.

(आ) अतिरिक्त पर्जन्याच्या कालावधीत जसजशी वाढ होते तसतशी गृहीत मातीतील झिरपणशक्ति कमी होते म्हणून खोऱ्यांतील त्याच भागात पडणाऱ्या पावसाच्या लागोपाठच्या दोन कालावधीतील झिरपणहानी, पावसाच्या तितक्याच राशीचे त्या खोऱ्यात समान प्रमाणात वर्षण झाले असता होणाऱ्या झिरपणहानीपेक्षा कमी असते.

(इ) विश्लेषकरून व्यापक निसारण क्षेत्रांत, जेथे लागोपाठच्या संकल्पित वादळांच्या कालावधीतील अतिरिक्त पर्जन्यराशींच्या ठिकाणात व्यापक प्रमाणात फरक पडण्याची शक्यता असते अशा खोऱ्यांतील लागोपाठच्या वादळां कालावधीतील पर्जन्य केंद्रांच्या स्थानांचा दिलेल्या अतिरिक्त पर्जन्यराशींतून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या कार्य क्षेत्रावर फार मोठा परिणाम होण्याचा संभव असतो.

अनेक महत्वाच्या वादळांच्या अभ्यासात असे दिसून आले आहे की कित्येक हजार चौ. मैल क्षेत्रावर पडणाऱ्या तीव्र पावसाचे स्वरूप बऱ्याच भिन्न प्रकारचे असू शकते आणि त्याची अधिकतम तीव्रता वर्षणाच्या कालावधीच्या सुरवातीस, मध्यावर आणि अखेरीस निर्माण होण्याची शक्यता असते. थोड्या हजार फुटापेक्षा कमी उंच असलेल्या टेकड्यांचा, काही पर्जन्याच्या स्वरूपनिर्मितीच्या वारंवारतेवर परिणाम होतो. पण काही असाधारण वादळां परिस्थितीत पर्जन्याच्या सामान्य स्वरूपात मूलगामी फरक घडून येण्याची शक्यता वगळता येत नाही असे दिसून आले आहे. मध्य युनायटेड स्टेट्सवर वहाणाऱ्या वायुराशींच्या हालचालींची नेहमीची दिशा बहुसंख्य समपर्जन्य रेखांचे मुख स्थूलमानाने नैऋत्य-ईशान्य रोखाकडे करण्यास कारणीभूत झाली आहे. परंतु, अनेक हजार चौरस मैलावर निर्माण होणाऱ्या पुष्कळ महत्वाच्या वादळांचे स्वरूपात त्यांचे मुख्य अक्ष नेहमीच्या दिशेच्या काटकोनात असल्याचे आढळून आले आहे. वरवर पहाता पर्जन्याच्या स्वरूपासंबंधी आणि त्याच्या तीव्रतेतील फरकासंबंधी पुष्कळच व्यापकता, तुलनेने लहान अशा खोऱ्यांतील, संकल्पित वादळांची अभिलक्षणं विकसित करण्यात होणाऱ्या हवामान विषयक कारणांशी असंबद्ध न

होता, आणता येईल. महत्वाच्या धारणांच्या सांडव्यांची क्षमता निश्चित करणारा, करिता वापरण्यात येणाऱ्या संकल्पित वादळी पर्जन्याचा अंदाज करताना मुळाव्या दर्जाचा नेमस्तपणा राखावा लागतो. पावसाच्या राशीतील कोणतेही वादळ आणि अगर पर्जन्यवादीचा अनुक्रम अगर स्वरूप यांतील कोणतेही फेरफार जे क्रांतिक संकल्पित वादळांच्या नेमस्त अंदाजांची खात्री करण्यासाठी जरूर असतात त्यांचा स्वीकृत अंदाजपत्रकांतही समावेश करण्यात यावा.

संकल्पित वादळांच्या मध्यात्मक अंदाजाचा विकास करण्याकरिता तीन पद्धति सामान्यपणें, वापरात आहेत.

पद्धत १. एखाद्या गृहीत प्रदेशात जेथे बऱ्याच संख्येने वादळे होण्याची शक्यता आहे तेथील पावसाच्या माहितीवर आधारलेली, तत्संबंधी क्षेत्राच्या आकारास अनु रूप अशी अधिकतम पर्जन्यखोली-कालावधीसंबंधाची संगणनें आणि गृहीत खोली-कालावधीच्या वक्राच्या अनुरूप अशा पर्जन्यराशीचा क्रांतिक क्रम दाखविण्याकरिता समवृष्टि आलेखांचा विकास करणे

पद्धत २. गृहीत निःसारण खोऱ्यातील प्रत्यक्ष वादळांतील समवृष्टी आलेखांच्या स्वरूपाचे, पर्जन्यवादीचे स्वरूप अगर कालानुक्रम यांच्या स्वरूपात फार महत्वाचा बदल न करता, त्या क्रांतिक जागी स्थानांतर करणे.

पद्धत ३. अभ्यासांतर्गत खोऱ्याशी तुलना करता येईल अशा क्षेत्रातील पर्जन्य वादीचे केंद्रीकरण व अधिक क्रांतिक क्रमवारी निष्पन्न होईल अशा तऱ्हेने फरक पडणारे ज्ञात वादळांतील पावसाळी क्षेत्राच्या बदलांचे प्रमाण आणि/अगर दिशा गृहीत धरण्यात येतात अशा सुधारित स्थानांतर पद्धतीचे अवलंबन करणे यात जे फेरबदल गृहीत धरण्यात येतात, ते हवामान पद्धती वरून भाकित करण्यात आलेले असतात.

थोड्या हजार ची. मॅलापेक्षा लहान खोऱ्यांतील सांडव्याच्या संकल्पित वादळाचा अंदाज करण्याकरिता अत्यंत सोपी क्र. १ ची पद्धति वापरता येते. ही पद्धत जास्त मोठ्या खोऱ्याकरिताही असेच अंदाज करण्याकरिता वापरण्यास हरकत नाही. पण वादळाच्या लागोपाठच्या कालावधीतील पर्जन्याची राशी व क्षेत्रीय वितरणाचा अंदाज करताना जास्त प्रमाणात अदमास करण्याची जखरी असते. क्र. २ ची पद्धत सर्व आकाराच्या क्षेत्रास लागू करता येते पण थोड्या हजार मॅलापेक्षा जास्त क्षेत्राच्या खोऱ्यातील अभ्यासाकरिता ती जास्त

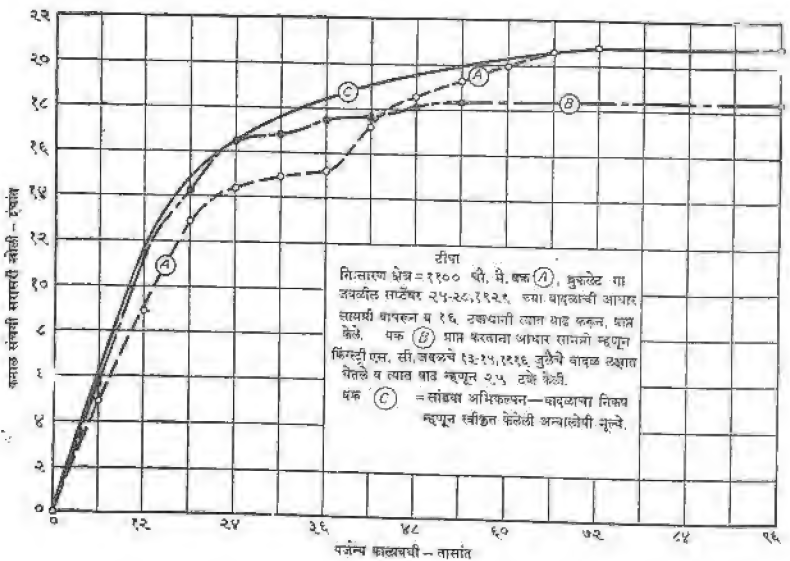
उपयुक्त आहे. मात्र अशा क्षेत्रात लागोपाठच्या कालावधीतील वादळांतील पर्जन्याची तीव्रता व क्षेत्रीय वितरण यांचा सिरपण हाती आणि अपवाहाचे केंद्रीकरण यावर महत्वाचा प्रभाव पडला पाहिजे. शक्य तर लहान सहान फेरबदल करून संकल्पित वादळाची कसोटी म्हणून उपयुक्त होतील अशा वादळांची माहिती उपलब्ध असेल तर तसल्या अभ्यासाकरिता या पद्धतीचा उपयोग मर्यादित असतो. मोठ्या निःसारण खोऱ्यातील अभ्यासाकरिताच ३ व्या पद्धतीची सामान्यपणे जरूरी असते.

३७. पद्धत १ ली. अधिकतम पर्जन्यखोली-कालावधी संबंधी आधारसामग्री आणि पर्जन्याची अतिरिक्तता

काही हजार चौ. मैल क्षेत्रापेक्षा लहान क्षेत्र असलेल्या खोऱ्यातील संभाव्य अत्युच्च पर्जन्याच्या प्रमाणाचा अंदाज तयार करण्याकरिता सामान्यतः असे गृहीत धरणे योग्य असते की एखाद्या विशिष्ट क्षेत्रातील अनेक ज्ञात वादळांतील गृहीत आकाराच्या क्षेत्रफळावरील अभीक्षित सरासरी अधिकतम खोली-इतक्या पर्जन्यराशी त्या क्षेत्रातील तत्सम क्षेत्रावर पडतात. मात्र संबंधी केंद्राच्या प्रदेशवर्णनांत फारसा फरक असता कामा नये किंवा त्या खोऱ्याचा आकार अतिशय उंच सखल असता कामा नये. मोठ्या वादळांचे समपर्जन्यस्वरूप त्या निःसारण खोऱ्याच्या आकाराशी वचितच तंतोतंत जुळते म्हणून खोली-क्षेत्रफळ वक्रावरून घेतलेली पर्जन्यमूल्ये विशिष्ट खोऱ्यावर स्थानांतरित केलेल्या वादळापासून प्राप्त केलेल्या पर्जन्यमूल्यापेक्षा साधारणपणे १० ते १५ टक्के जास्त असतात. ही गोष्ट अंतिम सुरक्षा मर्यादा ठरविताना लक्षांत घेण्यात यावी. अभ्यासांतर्गत खोऱ्याशी जुळणाऱ्या क्षेत्रावर पडणाऱ्या पर्जन्याच्या सरासरी अधिकतम खोलीचे निरनिराळ्या कालावधीकरिता संगणन करण्यात यावे आणि विविक्षित कालावधीमध्ये (अ. ६५ प. १७) पडणाऱ्या पावसाच्या राशी ठरविण्याकरिता आधार म्हणून अ. १२ त दर्शविल्याप्रमाणे समूह-(Mass) पर्जन्य-वक्रांचा उपयोग करावा. आ. १६ त अधिकतम पर्जन्यखोली-अवधि-वक्रांची उदाहरणे दिली आहेत. दोन मोठ्या वादळांच्या अधिकतम खोली-अवधीच्या माहितीवर वक्र A आणि B ही आधार-लेली आहेत. आणि अ. ३५ मधील उपपरिच्छेद ब व क मध्ये उल्लेखिलेल्या सवलतींचा अंतर्भाव करणे हा त्यात उद्देश आहे. वक्र A व B यावरून दर्शित केलेली सर्व मूल्ये समाविष्ट करण्यासाठी वक्र 'C' हे रेखित केले आहे.

एखाद्या निःसारण खोऱ्यातील अधिकतम पूर-निःसारण निर्माण करण्याकरिता लागणारे पर्जन्य-खोली आणि कालावधी यांचे परस्पर संबंध तीव्र पर्जन्यापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या प्रमाणात अधिक मिश्रितकरणाकरिता उपलब्ध असलेल्या नैसर्गिक (Modulat) आणि कृत्रिम जलाशयातील माट्याच्या शशीवरून अंशतः निश्चित केले जातात.

तुलनेने कमी प्रमाणात, लहान खोऱ्यातील संचयक्षमता असलेल्या निःसारण खोऱ्यात आ. १६ तील वक्र B शी जुळणाऱ्या पर्जन्याच्या अपवाहाचे अधिकतम प्रमाण वक्र A त दाखविलेल्या अधिक राशी असलेल्या कमी तीव्र असलेल्या पर्जन्या-पासून प्राप्त होणाऱ्या अधिकतम प्रमाणापेक्षा जास्त असण्याची शक्यता असते. मोठ्या खोऱ्यातील संचय क्षमता दाखविणाऱ्या खोऱ्यात याच्या उलट परिस्थिती असण्याची शक्यता असते. नैसर्गिक निःसारण खोऱ्यात कृत्रिम जलाशय निर्माण करण्याने, धरणाच्या निकटच्या खालच्या वाजूस उद्भवणाऱ्या पुराच्या अपवाहाच्या प्रमाणावर परिणाम होईल अशी संचय क्षमता कमी किंवा जास्त होण्याची शक्यता असते



आकृति १६ अधिकतम पर्जन्यखोली-कालावधी वक्र.

या फरकाचे मान महत्त्वपूर्णपणे स्वीकृत सांडव्याचा आकार व प्रकार यावर अवलंबून असते. इतके की सामावित पर्जन्य-खोली-अवधि-वक्राने मूलभूत वादळात निर्दिशित केलेल्या अधिकतम राशी आणि अधिकतम तीव्रता निर्दिशित केल्या जातात, त्यावरच तयार केलेला संकल्पित वादळी अंदाज कुठल्याही मूलभूत वादळांच्या पेशां अधिक काटेकोर असल्याची खत्री होते आणि नैसर्गिक वा कृत्रिम जलाजयांच्या निःसारण वैशिष्ट्यांचा विचार केल्यानिघाय ही खात्री करता येते.

एखाद्या विशिष्ट वादळात खोली-कालावधी वक्रावरून प्राप्त केलेल्या जला-लेखपेशा खोली-कालावधी सामावणाऱ्या वक्रावर आधारित पर्जन्याच्या अंदाजा पासून तयार केलेले गृहीत जलालेख जरी जास्त नेमस्त असले तरी त्यातील फरक फारच थोडा असण्याची शक्यता असते. पुराच्या अपवाहाचे जलद केंद्रीकरण आणि खोऱ्याची लहान जलसंचयक्षमता ही लक्षणे असलेल्या खोऱ्यांत तुलनेने कमी कालात, तीव्रतम पर्जन्यापासून क्रांतिक पूर निर्माण होतात. अशा वादळात लांब कालावधीच्या पर्जन्यापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहामुळे पुराच्या अधिकतमनेत जाणवेल अशी वाढ होत नाही पण फक्त पुराचा कालावधी लांबविला जातो. या उलट, मोठी नैसर्गिक अगर कृत्रिम जलसंचय क्षमतेची ज्या खोऱ्यात लक्षणे दिसतात तेथे अल्प कालावधीतील मोठ्या प्रमाणात निर्माण होणारा अपवाह आणि तीव्रतर पर्जन्य यात बऱ्याच प्रमाणात अधि-मिश्रण (modulation) होते व जास्त कालावधीच्या पर्जन्याचा परिणाम फार महत्वाचा ठरतो. गृहीत जलालेखांच्या संगणनात उपयोग करण्याकरिता, वेळेच्या सोयीस्कर अशा एकांकी कालावधीतील पर्जन्यराशींचे अंगीकृत सामावित खोली-कालावधी-वक्रावरून मापन करण्यात येते. त्याकरता अंदाजी १०० चौ. मैलापेक्षा मोठ्या क्षेत्राकरिता ६ तासांचा एकांकी कालावधी हे सोयीस्कर प्रमाण आहे. अपवाहांचे क्रांतिक प्रमाण प्राप्त करण्याकरता पर्जन्याच्या वाढीच्या क्रमवारीची जरूरी असते. ही क्रमवारी, निरनिराळ्या वाढीच्या गटांना एकांकी जलालेख-चाचणी करून मनमानी लावून निश्चित करता येते आणि कागद पत्रावरूनही असे दिसून येते की अत्युच्च पर्जन्याची तीव्रता वर्षाच्या कालावधीच्या प्रारंभी, मध्ये अगर शेवटी घडून येण्याची शक्यता असते. आकृति १७ मधील समवृष्टि आलेखामध्ये पावसाच्या वाढीचा असा विशिष्ट क्रम दाखविलेला आहे.

अंगीकृत सामावित खाली-कालावधी-वक्राशी जुळणाऱ्या पर्जन्यराशी निर्माण होणाऱ्या संकल्पित वादळापासून अपेक्षित अशा अधिकतम पर्जन्यवाढीच्या संभाव्य राशीचा अंदाज प्राप्त करण्याकरिता खालील पद्धति वापरण्यात यावी—

(अ) ज्या ऋतूत संकल्पित वादळ येण्याची शक्यता आहे अशा ऋतूत अभ्यासांतर्गत खोऱ्यातील अपेक्षित किमान प्रारंभिक हानी आणि झिरपण निर्देशांकाची मूल्ये त्या विशिष्ट खोऱ्यातील जल विज्ञान-विषयक माहितीचे विश्लेषण करून अंदाजित करण्यात यावीत.

(आ) संकल्पित वादळाच्या प्राथमिक कालावधीतील पर्जन्यराशीपासून संचयी (accumulative) पर्जन्यराशी प्रारंभिक हानी इतकी होईपर्यंत अपवाह निर्माण होत नाही असे समजावे. आणि त्यानंतर किमान झिरपण निर्देशांकाइतके हानीचे समप्रमाण धरण्यात यावे. अर्थात् १७ मधील समावृष्टि आलेखाच्या खालील कोष्टकात दिलेल्या माहितीवरून या संगणनाची कल्पना घेईल.

वर निर्देशित केल्याप्रमाणे अतिरिक्त पर्जन्यराशीचा अंदाज करतानाकरिता असे गृहीत धरण्यात येते की संकल्पित वादळातील लागोपाठच्या कालावधीतील अतिरिक्त पर्जन्याकरिता साधारणपणे झिरपण निर्देशांक प्राप्त करण्याकरिता वादळात जे क्षेत्रीय वितरण लागले, तितकेच लागते. असे गृहीत धरण्यात जर गंभीर चुका होण्याची शक्यता असेल तर संकल्पित वादळी अंदाज तयार करण्याकरिता २ री अगर् ३ री पद्धत वापरण्यात यावी. त्यामुळे पर्जन्याच्या सातत्यातील आणि क्षेत्रीय वितरणातील संभाव्य फेरबदल वग्याच बारकाईने अंदाजित करण्यात येतील. सामान्यपणे झिरपणहानीचा अंदाज करण्यात येणाऱ्या महत्वाच्या चुकांची संभाव्यता संबंधित निःसारण क्षेत्राच्या आकारात होणाऱ्या वाढीवरोवर आणि त्या खोऱ्यातील झिरपण-क्षमतेत होणाऱ्या वाढीवरोवरही वाढत जाते.

३८. पद्धत २ री. सर्वोच्च वादळाचे स्थानांतरण व पर्जन्याच्या आधिवधांचे अंदाज

पर्जन्यराशी व त्यातील तीव्रतेच्या तफावतीच्या संबंधात उत्प्लवी संकल्पित वादळाचा अंदाज करण्याकरिता वाजवी आधार म्हणून प्रत्यक्ष अधिकतम वादळाच्या उपलब्ध माहितीचा उपयोग करणे शक्य असते. पुढीलप्रमाणे अशा माहितीचा सोयीस्करपणे उपयोग करता येतो.

(अ) गृहीत निःसारण खोऱ्याचा आराखडा एका निवडलेल्या अधिकतम वादळाच्या एकंदर वादळाच्या समवृष्टि रेखाचित्रावर, अशा तऱ्हेने अध्यारोपण करावा की अत्युच्च पर्जन्यराशीच्या जागा त्यावर दाखविता येतील व त्यापासून अत्युच्च पूर अपवाह प्राप्त करता येईल.

(ब) थायसन बहुभुज (Polygon) आकृतीचे, खोऱ्यातील व खोऱ्याच्या आसपासच्या अवक्षेपण (precipitation) केंद्राकरता त्यांच्या स्थानांतरित अवस्थांत, जाळे तयार करावे. संबंधित केंद्राकरिता पर्जन्यराशि वक्र (mass rainfall curve) तयार करावे आणि प्रत्यक्ष पुरापासून अंतर्गलन निर्देशांकाचे संगणन करण्याकरिता जी पद्धती अवलंबिली जाते, अगदी त्याच पद्धतीने पर्जन्याचे विश्लेषण पुरे करण्यात यावे. (पहा सा. ४ भाग १).

(क) जहूरीप्रमाणे संबंधित कारणाकरता उपयुक्त अशा पुरेसा संकल्पित वादळी पर्जन्याचा पुरेसा अंदाज प्राप्त करण्याकरता, निरीक्षण केल्या पर्जन्यमूल्यांत घट अगर वाढ करावी.

(ड) निदिष्ट खोऱ्यातील आणि समान क्षेत्रातील प्रत्यक्ष पुराचे विश्लेषण करून काढलेल्या माहितीच्या आधारे संकल्पित पुराचे वादळीत लागू होईल अशा प्रारंभिक हानी आणि अंतर्गलित निर्देशांकांच्या किमान मूल्यांची निवड करावी आणि अंतर्गलित निर्देशांक प्राप्त करण्याकरिता वापरण्यात आलेल्या पद्धतीस अनुसरून तत्सम अतिरिक्त पर्जन्य राशीचे अंदाज घ्यावे (पहा सा. ४ भाग २).

(ई) आ. ८ मध्ये दर्शवि याप्रमाणे संबंधित विभागाकरिता पर्जन्य आणि अनि-रिक्त पर्जन्याची माहिती आलेखित करावी. जर पूर-मार्ग-निर्धारणाच्या पद्धतीने उपनाल्यातील पूरप्रवाह एकत्र करावयाचे असतील तर निवडलेले विभाग त्या त्या उपनाल्यांच्या खोल्यांशी सहज जुळतील असे असावे.

३९. पद्धत ३ री. परिवर्तित वादळांचे स्थानांतरण :- पर्जन्याच्या आधिक्याचा अंदाज.

फार मोठ्या निःसारणक्षेत्रातील समीक्षणात्मक (critical) संकल्पित वादळाचा अंदाज निश्चित करताना येणाऱ्या समस्या लहान खोऱ्या-तील त्याचप्रकारच्या अंदाजाबाबतच्या समस्यांपेक्षा काहीशा भिन्न

असतात. सामान्यतः लहान खोऱ्यातील समीक्षणात्मक पुर तुलनेने अल्पकाला-
वधीतील लहान क्षेत्रांतील अत्यंत तीव्र वादळातून प्रामुख्याने निर्माण होतात.
पण मोठ्या खोऱ्यातील सर्वांत मोठे पुर सामान्यतः मोठ्या क्षेत्रांतील कमी तीव्र
अशा पुरांच्या मालिकेतून निर्माण होतात. निरनिराळ्या वेळेच्या
कालावधीतील विस्तृत क्षेत्रांतील पर्जन्यांच्या अपेक्षित अशा जास्तीत जास्त राशींची
संगणन करणे जरूरीचे असते. इतकेच नव्हे तर निरनिराळ्या एकामागून एक
येणाऱ्या कालावधीतील वास्तविक शक्यता अमळेल्या वादळातील पर्जन्यराशीचे
अत्यंत समीक्षणात्मक विवरण व टावटिकाणा यांचाही अंदाज घेणे जरूर
आहे. (पहा अ. ३६)

अ. ३५ मध्ये आरेखित केल्यासारखे व्यापक प्रमाणांत हुबामान विषयक
अभ्यासांचे, योग्य आणि नेमस्त असे मोठ्या निसारण क्षेत्रातील उपलब्धतांच्या
संकल्पित वादळांचे अंदाज निश्चित करण्या करिता, पाया म्हणून विशेषतः महत्व
असते. जेव्हा स्थूलमानाने अंदाज करण्याची जरूरी असते तेव्हा पुढे दिलेल्या
सारखी पद्धत वापरून अत्यंत खात्रीलायक निकर्ष बहुधा काढता येतात.

(अ) संघीय, राज्य आणि खासगी संस्थांतून अभ्यासांतर्गत प्रकल्पांच्या अनेक
ची. मूळ क्षेत्रांच्या टप्प्यांतील जात अशा मोठ्या वादळांची माहिती
उपलब्ध असलेल्या अहवालांचा अभ्यास करण्यात यावा, आणि त्यातून
गृहीत निसारण खोऱ्याच्या क्षेत्रातल्या क्षेत्रांत मोठे पुर निर्माण होण्या-
जोग्या वादळांची अन्वेषणाकरता निवड करावी (पहा अ. ६५ प. १३
ते १७). अशी निवड करताना पर्जन्याचे क्षेत्रीय वितरण व तीव्रता
आणि अंतर्गलन हातीवर परिणाम होणारी परिस्थिती अथवा वादळी
कालावधीतच बर्फ वितळण्यापासून प्राप्त होणारी वाढ तसेच पावसाची
राशी यांचा विचार करण्यात यावा.

(आ) तात्पुरत्या निवडलेल्या वादळापैकी कोणती वादळे दिलेल्या प्रकल्पाकरता
संकल्पित वादळांचा अंदाज करण्याच्या दृष्टीने जास्तीत जास्त सोयीस्कर
आधार म्हणून उपयोगी पडतील हे जास्त प्रमाणांत निश्चित करण्या-
करता अशा माहितीचे प्राथमिक संकलन करण्यात यावे.

(इ) सर्व समपर्जन्याचे नकाशे, अवक्षेपणाच्या नोंदी पर्जन्य-राशि-वक्र
आणि कालावधी-खोली-क्षेत्र यासंबंधी अंतिम अभ्यासाकरिता,
निवडलेल्या वादळाकरिता उपलब्ध असलेली माहिती मिळवावी.

जरूर तर अभ्यासांतर्गत खोऱ्यापेक्षा साधारणपणे जास्त क्षेत्रातील वादळे समाविष्ट होतील अशा क्षेत्रातील मोठ्या पर्जन्याच्या प्रत्येक विवक्षित कालावधीकरता, समपर्जन्य नकाशे व पर्जन्यराशींची माहिती तयार करून बरील माहितीला जोड म्हणून वापरण्यात यावी.

(ई) संबंधी वादळे निर्माण करणाऱ्या हवामानविषयक परिस्थितीच्या उपलब्ध माहितीचे परीक्षण करावे. त्यामुळे जास्तीत जास्त वर्षांच्या विभागांतील हालचाली एकामागून एक येणाऱ्या वादळाच्या मालिकेतील क्रमवर्ती विवक्षित कालावधीत अशा असू शकतील की त्यामुळे अत्युच्च वादळांत प्रत्यक्ष निर्माण झालेल्या संचय आणि । अगर संकेंद्रणापेक्षा अभ्यासांतर्गत खोऱ्याशी तुलना करता येईल अशा क्षेत्रांतील संचयी आणि । अगर जास्त क्रांतिक संकेंद्रण घडून येईल. अशा परिस्थितीत, त्या प्रदेशाच्या कामदपत्रावरून केलेल्या अनेक मोठ्या वादळांतील पर्जन्याच्या स्पर्शरेखा व पर्जन्यकेंद्राच्या हालचालीच्या अभ्यासाचा, निर्णय घेण्याच्यादृष्टीने वाजवी आधार म्हणून उपयोग होईल.

(उ) विवक्षित वादळाच्या क्रमवर्ती पर्जन्याचे कालावधी दर्शविणाऱ्या सम-पर्जन्य रेखांखावर गृहीत निःसारण खोऱ्यांचा आराखडा अशाप्रकारे आरंभित करावा की टप्पा 'ई' मध्ये गृहीत धरलेल्या पर्जन्याच्या केंद्रांच्या हालचालीच्या स्थानांशी ते जुळतील.

बऱ्याच तासांच्या अंतरांनी वेगळे असलेले पर्जन्याचे लागोपाठ कालावधी दर्शविणारे समवृष्टी रेखा नकाशे आणि खोऱ्याच्या आराखडाचे दिशानिर्देशन (torienation) एकच असण्याची जरूरी नाही. परंतु हे दिशानिर्देशन वादळाच्या हवामान विषयक घोरणांशी संयुक्त व सुसंगत असावे.

(ऊ) पर्जन्य आणि पर्जन्याच्या अतिरिक्त राशींचे, प्रत्येक स्थानांतराकरता अ.३८ उपारिच्छेद 'ब' ते 'इ' मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे संकलन करावे.

(ए) गृहीत कालातील संकल्पित सांडव्यातील वादळ म्हणून वापरण्याकरता पर्जन्यांची क्रांतिक मालिका निश्चित करावी लागते. त्याकरता जी अनेक मोठी वादळे विचारांत घेतली गेली त्याकरिता संगणन केलेल्या अतिरिक्त पर्जन्यराशींची तुलना करण्यात यावी.

४०. वितळलेल्या बर्फाची पुराच्या प्रवाहास मदत

अनेक निःसारण खोऱ्यांत वितळत्या बर्फापासून वाढली वसंत ऋतूत अगर शीत ऋतूच्या उत्तरार्धात जास्तीत जास्त अपवाह निर्माण होता. अशा खोऱ्यांतील संकल्पित वाढली अंदाज तयार करतांना जोरदार पावसापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहात वितळत्या बर्फापासून होणारी संभाव्य वाढ विचारात घेणे जरूरीचे असते.

वितळत्या बर्फापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे प्रमाण आणि त्याची राशी मुख्यतः तेथील बर्फाच्या आवरणात असणाऱ्या पाण्याची समतुल्यता (equivalent) अंतर्गलन हानीवर परिणाम होणारी तेथील जमिनीची परिस्थिती, आणि बर्फाच्या वितळण्याचे प्रमाण यावरून प्रामुख्याने निश्चित केली जाते.

बर्फाच्या आवरणपासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहावर परिणाम करणाऱ्या बाबी केवळ तेथील भौगोलिक प्रदेशावरच अवलंबून नसतात तर त्या निरनिराळ्या ऋतूवर व एकाच क्षेत्रातील निरनिराळ्या कालावधीवरही अवलंबून असतात.

बर्फाच्या आच्छादनातून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या राशी व प्रमाणावर अनेक भिन्न आणि गुंतागुंतीच्या घटकांचा परिणाम होत असल्याने आणि त्या प्रक्रिये संबंधी निश्चित असे निष्कर्ष अस्तित्वात नसल्याने संकल्पित पुराचेवैध्दी वितळत्या बर्फापासून होणाऱ्या क्रांतिक मरीचा अंदाज करण्याकरता एखादी समाधानकारक सर्वसाधारण पद्धती सुचविणे अव्यवहार्य आहे. याबाबतीत निर्माण होणाऱ्या समस्यांची स्थूलमानाने रूपरेखा आणि बाही कमी अडचणीच्या परिस्थितीत बर्फाच्या वितळण्याने निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचा संख्यात्मक अंदाज तयार करण्याच्या पद्धती सुचविण्याचा, पुढील परिच्छेदाचा उद्देश आहे.

ज्या खोऱ्यात बर्फ वितळल्याने होणाऱ्या अपवाहावर परिणाम करणारी परिस्थिती सामान्यतः एकसारखी आहे असे मानता येते अगर अशा एक प्रकारच्या एकजिनसीपणाच्या (Homogeneity) अभावाचे अस्तित्व त्या खोऱ्यातील जलविज्ञानविषयक माहितीवरून तयार केलेल्या अनुभवाधिष्ठित (empirical) गुणांकांत प्रतिबिंबित झाले आहे, अशा खोऱ्यांना या पद्धती लागू होतील असे मानले जाते. एक हजार फुटाहून कमी उंचीच्या माफक आकाराच्या खोऱ्यात या पद्धतीचा सरळसरळ उपयोग करता येईल असे मानण्यात आले आहे. जास्त गुंतागुंतीच्या परिस्थितीत वितळत्या बर्फाच्या राशीच्या

संगणनाची चर्चा व माहिती याबद्दल सोवतच्या ग्रंथसूचीतील यात्रिपयावरील अहवाल, लेख आणि अनेक शास्त्रीय प्रकाशने वाचकांनी पहावी. अमेरिकन जिओफिझिकल युनियनचे डिव्हूत्त व त्यांत दिलेल्या माहितीच्या माध्यमाकडे (वाचकांचे) लक्ष वेधण्यांत येत आहे.

४१. भू पृष्ठाची स्थिति

बर्फाच्या आच्छादनाखालील जमिनीच्या अंतर्गलनक्षमतेचा वितळलेल्या बर्फाचा अपवाहाच्या राशीवर फार महत्त्वाचा प्रभाव पडतो. जर जमीन गोठलेली असेल व विशेषतः त्या जमिनीचा पोत पुरेसा नलम असेल आणि गोठण्याच्यावेळी जमिनीत बराच ओलावा असेल तर अंतर्गत हानी फार कमी होई. जर जमीन भरड पोताची असून त्यात अत्यंत अल्प प्रमाणांत केशाकर्षण पाणी असेल तर अशा जमिनीची अंतर्गलनक्षमता गोठण्यामुळे कमी होत नाही.

हिम हे निष्कृष्ट उष्णतावाहक असल्यामुळे जमिनीवर बर्फाचा प्रमाणांत खोल-पर्यंत हिम जमल्यावर अशा जमिनीतील फारच थोड्या आर्द्रतेचे अतिरिक्त गोठण होण्याची शक्यता असते. म्हणून जेव्हां खोल बर्फ आढळण्यापूर्वी तीव्र स्वरूपात गोठणक्रिया घडते आणि गोठणाच्या वेळी जेव्हा जमिनीतील केशाकर्षण ओलावा जास्त असतो अशावेळीची जमिनीची अवस्था बर्फ वितळण्यामुळे निर्माण झालेल्या अपवाहाच्या फार मोठ्या राशीकरता सर्वांत जास्त योग्य असते.

४२. हिमाच्छादनाचे जलतुल्य

हिमाच्छादनापासून उत्पन्न होणाऱ्या अपवाहाची राशी ही हिम किंवा बर्फ यांच्या स्वरूपांत असलेले पाणी आणि हिमात अडकलेल्या पाण्याच्या राशी इतके सीमित असते. परंतु हे लक्षांत ठेवले पाहिजे की हिमाच्छादनाचे जलतुल्य हे बर्फाच्या स्वरूपात कोसळणाऱ्या द्रवतुल्यापेक्षा बरेच जास्त असणे संभाव्य असते. कारण बर्फाच्या रचनेतील पोकळ्यात केशाकर्षणामुळे अथवा बर्फाच्या स्वरूपाने ते पाणी अडकून साठते.

सामान्य परिस्थितीत ताजे पडलेले १० इंच हिम अंदाजे १ इंच पाण्याइतके असते. परंतु जसजसे जमिनीवर हिम साचू लागते तसतसे त्यावर पावसातील आर्द्रता आणि गोठणक्रियेमुळे झालेल्या संभाव्य वाढीमुळे दाब पडतो. आणि एकामागून एक होणाऱ्या वितळण्याच्या व गोठण्याच्या क्रियेमुळे त्याची घनता वाढते.

केव्हा केव्हा हिमाची घनता ५० ते ६० टक्क्याइतकी असते आणि काही आत्यंतिक परिस्थितीत (ही घनता) याही पेक्षा जास्त असणे शक्य असते. सामान्यपणे ही घनता २० ते ३० टक्के असते.

४३. हिमाच्छादनांतील मुक्तजल

हिमाच्छादनांत बरीचशी आद्रता "मुक्त" अगर बिनगोठलेल्या स्थितीत साठून राहते. हिमावरणांत साठून राहू शकेल अशी मुक्त जलाची राशि हिमाच्या रचनेतील (structure) पोत (Texture) व त्याच्या सामान्य गुणधर्माप्रमाणे बदलते. योग्यप्रकारे व्यापक प्रमाणांत केलेल्या क्षेत्रीय अभ्यासमालिकेतून असे दिसून आले आहे की, सर्वसामान्य परिस्थितीत हिमाच्या एका स्वभांत अंदाजे हिमाच्या कोरड्या वजनाच्या २० ते २५ टक्के मुक्त जल साठवून ठेवण्याची क्षमता असते (अ. ६५ प. १८)

जेव्हा हिमाच्छादनातील ओलावा, वितळण्यामुळे आणि/अगर हिमरचनेतील द्रव अवस्थेतील पावसाच्या शोषणामुळे, वाढतो तेव्हा ते हिमाच्छादन 'पक्व' (ripen) आहे असे मानले जाते. शीत ऋतूतील महत्वाचे वादळ आणि हिमाच्छादनापासून होणाऱ्या अपवाहाची जास्तीत जास्त संभाव्य प्रमाणात वाढ एकत्र होण्याकरता अतिशय जोरदार पर्जन्य पडण्यापूर्वी हा (हिमाच्छादन) पक्वावस्थेचा कालावधी आला पाहिजे. महत्वाची शीत ऋतूतील वादळे येण्यापूर्वी अल्पप्रमाणांत पाऊस पडण्याचे काही कालावधी अनेकवेळा उद्भवतात म्हणून शीतऋतूतील संभाव्य अशा जास्तीत जास्त पुरांचा अंदाज करताना हिमाच्छादनात बऱ्याच प्रमाणात बिनगोठलेले पाणी साठलेले असते, हिम वितळू लागले म्हणजे मोकळे होते आणि त्यामुळे पर्जन्यकालांत उष्णतेच्या स्थानांतराने प्रत्यक्ष वितळण्यामुळे प्राप्त झालेल्या अपवाहांत वाढ होते असे गृहीत धरणे सामान्यतः वाजवी ठरते.

४४. वितळण्यामुळे पाणी मुक्त होण्याचे प्रमाण --

सामान्य विचार

तलस्थित (underlying) जमिनीच्या अंतर्गलनाच्या गुणांशिवाय पुराच्या कालावधीतील हिमाच्छादनापासून प्राप्त होणाऱ्या अपवाहाच्या वाढीच्या प्रमाणावर खालील घटकांचा महत्वपूर्ण प्रभाव पडतो—

(अ) पूर्वीच्या (antecedent) उष्णतास्थानांतरणामुळे (Heat Transfer) आणि गर्ज्याच्या शोषणामुळे (absorption) "पक्व" होण्याचे (ripening) प्रमाण. (पहा अ. ४३)

(आ) हिमपृष्ठ आणि हवा यांमधील तपमानाच्या फरकामुळे होणारे उष्णतेचे हवेतून स्थानांतर आणि हिमपृष्ठावरील ओलाव्याचे गठणे.

सामान्य परिस्थितीत हिमाच्छादन आणि अवकाशातील (Space) विकिरणामुळे (radiation) उष्णतेची वन्याच प्रमाणांत अदलाबदल होतं. हिम सूर्याचे विकिरण शोषून घेते आणि त्याचवेळी अवकाशांत उष्णतेचे परत विकिरण करते. वादळाच्या काळात घनदाट दगांच्या आवरणामुळे हिमपृष्ठावर पोहोचणाऱ्या सूर्याच्या विकिरणराशीत घट होते, परंतु दगावरील आच्छादनामुळे हिमाकडे जाणारे उष्णतेचे विकिरणामुळे काही अंशी या आतपनामध्ये घटीची भरपाई (Offset) होण्याकडे प्रवृत्ती होते. वादळाच्या काळातील हिमाच्छादनांत विकिरणामुळे होणारी निव्वळघट अगर वाढ संख्यात्मकरीत्या निश्चित करण्यात आलेली नाही. जास्त चांगल्या पद्धतीच्या अभावी पुढील परिच्छेदात असे गृहीत धरण्यांत आले आहे की, वादळाच्या काळातील विकिरणाचे परिणाम अभ्यासांतर्गत निःसारण क्षेत्रातील जलविज्ञान विषयक माहितीवरून प्राप्त केलेल्या अनुभवाधिष्ठित गुणांकांत अतिविवृत होतील (अ. ४५ पहा).

४५. हवेतून होणारे उष्णतेचे स्थानांतरण—

हवामान कार्यालयातील जलविषयक हवामान शास्त्र (हायड्रोमेटिओरॉलॉजी) विभागाने यू. एस्. आर्मी कोअर ऑफ इंजिनियर्सच्या सहाय्याने (अ. ९५ प १३, १४) केलेल्या अभ्यासावरून असे दिसून येते की, वादळाच्या काळातील हिमाचे वितळणे हवेतून हिमाच्छादनाकडे होणाऱ्या उष्णतेच्या स्थानांतरणामुळे मूलतः दोन प्रकारे होते.

(१) हवा आणि हिम यांच्या मधील तपमानाच्या फरकामुळे जी उष्णतेची सरळ सरळ अदलाबदल होते त्यामुळे आणि (२) हिमपृष्ठावरील ओलीच्या गोठण्यामुळे मुक्त झालेल्या उष्णतेमुळे. या उष्णतेच्या अदलाबदलीमुळे हिमाच्या घनभागाचे द्रवांत रूपांतर होते व त्याचे प्रमाण दर सेंकनला ८० कॅलरीज विलयन-उष्णते (heat of fusion) इतके असते. ज्या अर्थी

हिमाची विलयन उष्णता दर गॅलनला फक्त ८० कॅलरी असते व पाण्याची बाष्पी-
भवनांतील उष्णता दर गॅलनला ६०० कॅलरी असते त्याअर्धी हिमपृष्ठावरील
गोठलेली आर्द्रता तिच्या स्वतःच्या हिमातील वजनाच्या ७॥ पट हिम वितळवते
(अ. ६५ प. १४).

हिम वितळण्याच्या बाबतीत उष्णता गतिविज्ञानाची (Tkermo dynamics)
डब्ल्यू. टी. विल्सन यांनी (अ. ६५, प. १९) आणि फिलिप लाईट यांनी (अ.
६५ प. २०) तपशीलवार चर्चा केली आहे. विल्सन यांनी ६ तासांच्या
कालावधीत वितळलेल्या हिमाच्या खोलीसंबंधी खालील सूत्रे दिली आहेत.

$$Dm = K_1 V(e - 6.11) \quad (१३)$$

$$Dc = K_2 V(T - 32^\circ) \quad (१४)$$

$$Da = Dm + Dc \\ = K_1 V(e - 6.11) + K_2 V(T - 32) \quad (१५)$$

यांत Dm हे ओलीच्या गोठण्यामुळे ६ तासांत वितळलेल्या बर्फाचे "इंच
खोलीत" जलतूल्य (अधिक संघनक) Dc हे संवाहन (conduction) आणि
संतयामुळे (convection) हवेतून उष्णतेच्या प्रत्यक्ष देवाण घेवाणीमुळे
होणाऱ्या ६ तासांमधील हिम वितळणाची खोली;

Da बर दर्शविलेल्या प्रक्रियेमुळे ६ तासांत वितळलेल्या हिमाचे एकूण जलतूल्य;

V - दर ताशी, मैलान्त, वाऱ्याचा वेग;

D - ड्रायव्हल उष्णतामान - F° मध्ये;

e - मिलिवार्स मध्ये वाष्प दाब (vapour-pressure);

K_1 - बर्फाची अप्रकट उष्णता (Latent Heat of ice), उपकरणांची
अनावृत्ति (exposure), - परिवर्तन (conversion), घटक (unit), यांच
संबंध असलेला गुणांक-;

K_2 बर्फाची अप्रकट उष्णता, उपकरणांची अनावृत्ति, परिवर्तन घटक, वायूची
घनता आणि विक्षुब्धतेच्या उपपत्तीशी (Theory of turbulence) निगडित
असलेल्या कांही विचारांचा उपायाशी संबंध आहे असा गुणांक.

K_1 व K_2 यांच्या गुणांकाचा परस्पर संबंध असतो.

K_1 हा K_2 च्या मूल्यांच्या अंदाजी ३ ते ४ पट असतो.

उपकरणांच्या मोडणीच्या अत्यंत मुलभर रचनेत आणि समुद्र मगटीपासून कांही थोड्या हजार फूट उंचीपेक्षा कमी उंच क्षेत्राकरता १५ वे समीकरण अंदाजाने खालीलप्रमाणे वापरता येते.

$$Da = V(0.002T + 0.006e - 0.100) \quad (१६)$$

क्षेत्रीय वितरण आणि हिमाच्या खोलीतील तफावत, विभिन्न क्षेत्रातील पक्वतेचे प्रमाण, आणि बादळाच्या काळांत होणाऱ्या उष्णतेच्या स्थलांतराचे प्रमाण हे निश्चित करण्यात खोऱ्याची अनेक वैशिष्ट्ये कारणीभूत होतात. उंचीचा पल्ला (Range of elevation), प्रदेशवर्णन (topography), झाडी वगरे आच्छादनाचा प्रकार आणि उबदार वातपुंजाच्या हालचालीच्या दिशेच्या अनुषंगाने त्या खोऱ्याचे दिशानिवेशन (orientation) ही त्यातील अत्यंत महत्वाची वैशिष्ट्ये होत. (अ. ६५ प. २४).

योग्य प्रकारच्या विश्लेषणाने या बाबींचे अंदाजी मूल्यमापन हांते. परंतु अशावेळी कांही स्वेच्छानुसारी धारणा कराव्या लागतात अमर अनुभवाधिष्ठित घटक वापरावे लागतात. (अ. ६५ प १३). ज्यात हिमाच्छादनाची वैशिष्ट्ये, त्या प्रदेशातील हवामानाचा परिणाम, आणि त्या विशिष्ट खोऱ्यातील खास परिस्थिती, यांचा विचार केला असेल अशा सामान्य आकाराच्या निसारण क्षेत्रातील हिमाच्छादनातून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या मदतीचा अंदाज घेण्याकरता K या स्थिरांकाने १६ व्या समीकरणांत बदल करण्यांत यावा आणि हे समीकरण असे वाचण्यांत यावे.

$$Da = KV(0.002T + 0.006e - 0.100) \quad (१७)$$

स्थिरांक K हा त्या खोऱ्यातील गुणधर्म दाखवितो व त्याचे मूल्यमापन अनुभवाधिष्ठित रीतीने करण्यांत येते.

मोठ्या बादळांच्या संयोगाने हिम वितळण्यापासून निर्माण झालेल्या अपवाहाच्या मोठ्या वाजवी राशी निर्देशित होतील अशा पुरांची माहिती उपलब्ध असेल तर अवलोकन केलेली अगर निगमित (deduced) केलेली मूल्ये समीकरण १७ तील Da , V , T , ऐवजी वापरून व K करता उकल करून या स्थिरांकाचे मूल्यमापन करावे. नंतर K चे अनुभवाधिष्ठित मूल्य

१७ व्या समीकरणांत वापराने व इतर गृहीत परिस्थितीत हिम वितळण्याच्या राशीचा अंदाज काढावा. या पद्धतीने पीटसबर्ग पा. (अ. १६ प. १३) च्या ओहिओ नदीच्या अपर प्रवाही खोऱ्यातील निःसारण क्षेत्राकरता संगणित केलेली K ची सरासरी मूल्ये ०.६० ते ०.७२ या सीमेत येतात. अशीच मूल्ये न्यू इंग्लंडच्या अनेक खोऱ्याकरता प्राप्त झाली आहेत परंतु ही मूल्ये सर्वत्र लागू होतील असे मानू नये.

निरनिराळ्या उष्णतेच्या स्थळांवरामुळे हिमाच्या वितळण्याच्या गतीचे प्रमाण दाखविण्याकरता स. १३ व १७ प्राप्त करण्यांत आली आहेत आणि वादळांच्या पूर्वी हिमाच्छादनांत साठलेल्या खुल्या पाण्याच्या मुक्तीकरता फक्त K या स्थिरांकात अनुभवाधिष्ठित अशी जी काही सूट धरली असेल निच्याखेरीच अन्य काहीही सूट धरलेली नाही हे लक्षात घ्यावे. परिपक्व हिमाच्छादनावर जोरदार पाऊस पडून अपवाह निर्माण झाल्या आहेत अशा पुरांच्या माहितीवरून जर K संगणित केला असेल तर वादळांच्यावेळी हिमांत साठलेल्या खुल्या पाण्याच्या मुक्ती करता काही सूट दिलेली असते. तिचा स्वानुभवाधिष्ठित घटकांत अंतर्भाव केलेला असतो. अन्यथा जास्तीत जास्त संभाव्य असणाऱ्या शीतकृतूतील वादळांच्या संयुक्त अशा परिपक्व हिमावस्थेच्या संभाव्यतेकरता सवलत म्हणून संगणित केलेल्या K या घटकांत वाढ करण्यांत यावी. हिमपुरांच्या माहितीचा अभ्यास-कलन आणि उद्भवण्याची शक्यता असलेली वाजवी परिस्थिती विचारांत घेऊन K या घटकांत किती प्रमाणांत वाढ करणे योग्य होईल याचा अंदाज करावा लागतो.

४६. पावसामुळे बर्फाचे वितळणे

वर नमूद केलेल्या प्रक्रियेत वर्ष वितळून निर्माण झालेल्या पाण्याच्या राशीच्या तुलनेने पावसामुळे वितळलेली बर्फाची राशी जरी सामान्यतः कमी असली तरी अनपेक्षित वादळांत काही खोऱ्यांत या राशीस फार महत्त्व असते. खालील सूत्राप्रमाणे तिची खोलीसंगणित करण्यात येते.

$$Dr = \frac{P(T - 32)}{144} \quad (१८)$$

यथे Dr इंचांमध्ये बर्फ वितळणाची खोली,

P इंचांमध्ये अवक्षेपण (Precipitation),

T हवेचे ओले-बल्व उष्णतामान, फॅरनहैटमध्ये असते.

४७. उष्णता-स्थानांतराच्या सुत्राने काढलेले बर्फ वितळण्याचे अंदाज—

सामान्य आकाराच्या निःसारण खोऱ्यात क्रांतिक वादळांत वितळलेल्या बर्फाच्या अपवाहाचा १६, १७ व १८ ही समीकरणे वापरून, सरासरी अंदाज खालील पद्धतीने शक्य तो तयार करावा.

(अ) १७ व्या समीकरणातील 'K' चे मूल्यमापन करण्याकरता अभ्यासांतर्गत निःसारण खोऱ्यातील वितळणाऱ्या बर्फाच्या अपवाहाच्या मोठ्या राशी निर्देशित असलेले हिवाळ्यातील अत्यंत महत्वाचे पूर विश्लेषणासाठी निवडावे. अगर त्या क्षेत्रातील तत्सम खोऱ्यातील असे पूर निवडावे आणि अभीक्षण केलेल्या अपवाहाचे जलालेख आलेखित करावे.

(आ) टप्पा अ मध्ये दर ६ तासांच्या कालावधीतील वादळाकरता निवडलेले पर्जन्यराशी, सरासरी उष्णतामान, सरासरी वायुवेग आणि वाष्पदाब यांचे संगणन करावे आणि त्याचे रेखाचित्रीय पद्धतीने आलेखन करावे अथवा बरील माहितीचे अभोक्षित अपवाहाचेवर थोड्याप्रकारे कालाच्या संदर्भात कोष्टक तयार करावे.

(इ) बर्फ वितळण आणि पर्जन्य यांच्या संयुगांतून निर्माण होणारा अपवाह दाखविणारे जलालेख प्राप्त करण्याकरता अभोक्षित जलालेखांतून अंदाजित मूलभूतप्रवाह (Base flow) वजा करावा.

(ई) वितळणाऱ्या बर्फाची बाधा न झालेले या पुराच्या विश्लेषणापासून प्राप्त केलेले एकांकी जलालेख वापरून टप्पा 'इ' मध्ये संगणित केलेला जलालेख उद्धृत करण्याकरता पाऊस व बर्फ वितळण्याच्या दर ६ तासांच्या मूल्यांचा समवृष्टी आलेख (हायडोग्राफ) प्रयोग व प्रमाद पद्धत वापरून अंदाजित करावा.

(उ) बर्फ वितळण्याचा परिणाम न झालेल्या पुराचे विश्लेषण करून प्राप्त केलेल्या अंतर्गलन क्षमतेच्या माहितीच्या आधारे ज्या पुराच्या कालावधीचे विश्लेषण करावयाचे आहे त्यातील अंतर्गलन हानीचा अंदाज करावा आणि त्यावेळी अभ्यासांतर्गत पुरांच्या काळातील जमिनीच्या गुणांसंबंधी उपलब्ध असलेली सर्व माहिती विचारांत घ्यावी.

- (ऊ) 'ई' या टप्प्यांत संगणन केलेल्या संश्लेषणात्मक समवृष्टी आलेखामधून (हायड्रोग्राफ) 'अ' या टप्प्यांत निश्चित केलेली पर्जन्याची अवलोकन केलेली मूल्ये वजा करावी आणि टप्पा 'उ' मध्ये संगणित केलेली अंतर्गलन हाती मिळवावी व अशा तऱ्हेने वादळाच्या प्रत्येक ६ तासांच्या कालावधीत मुक्त झालेल्या पाण्याचा अंदाज प्राप्त करावा.
- (ए) अन्वेषण केलेल्या प्रत्येक ६ तासांच्या कालमानाच्या ज्ञात वादळाला आणि प्रत्येक वादळाच्या कालाच्या सरासरी मूल्यास लागू पडणाऱ्या 'K' चे मूल्य निश्चित करण्याकरता Da, T, V आणि e ही १७ व्या समीकरणातील संगणित अगर अवलोकन केलेली मूल्ये वापरावीत.
- (ऐ) त्या क्षेत्रांतील हिमावस्थेच्या उपलब्ध माहितीवरून हिमश्रृंगूतील जास्तीत जास्त संभाव्य वादळाच्या किंचितपूर्वी अस्तित्वात असण्याची संभाव्यता असलेल्या हिमाच्या पक्वतेचे प्रमाण, त्याची क्रांतिक राशी आणि वितरण यांचा अंदाज घेण्यात यावा.
- (ओ) त्या क्षेत्रांतील महत्वाच्या हिवाळी वादळाच्या अभ्यासावरून प्राप्त केलेल्या माहितीचा आधार घ्यावा, त्याला बाबत तितक्या हवामान विषयक विश्लेषणाची जोड द्यावी. व संभाव्य अशा जास्तीत जास्त हिवाळी वादळामधील हिम वितळण्याचे क्रांतिक प्रमाण, आणि राशीचे अंदाजात वापरण्याकरता, T, V, आणि e ची मूल्ये निवडावीत आणि समीकरण १६ व १८ वरून एका मागून एक येणाऱ्या ६ तासांच्या कालावधीकरता हिमवितळण्याची सैद्धांतिक मूल्ये संगणित करावी.
- (क) अ ते ग या टप्प्यांत विश्लेषण केलेल्या ज्ञात पुरांत प्रभावी झालेली हिमाच्छादनाची वैशिष्ट्ये लक्षांत घेऊन आणि संभाव्य अशा जास्तीत जास्त हिवाळी वादळांत प्रभावी होणार म्हणून गृहीत धरलेली परिस्थिती विचारांत घेऊन हिवाळी संकल्पित वादळाच्या एकामागून एक येणाऱ्या कालावधीतील हिम वितळण्यापासून प्राप्त होणाऱ्या अपवाहाच्या क्रांतिक राशींच्या अंदाजांत वापरण्याकरता 'K' ची मूल्ये निवडावीत याकरता खालील पद्धति सुचविली आहे :-
- (१) वादळातील. कालाकरता K चे एक सरासरी मूल्य निवडावे आणि टप्पा 'ई' मध्ये संगणित केलेल्या सैद्धांतिक राशीला K च्या

ह्या सरासरीने गुणून संकल्पित वादळा काळातील वर्ष वितळणाच्या एकूण राशीची संगणना करावी.

२. वर्षाच्या रचने (Structure) पासून उत्प्रवाह (Outflow) निर्माण होऊ शकण्याकरता हिम पुरेसे पक्व होईपर्यंत, K चे मूल्य शून्य धरावे आणि एकंदर वादळाच्या काळातील सरासरी मूल्यापेक्षा उच्चतमता जास्त येईतो ते टप्प्या टप्प्याने वाढेल आणि त्यानंतर निःसारण क्षेत्राच्या कांही भागातील पुरवठा कमी होण्याने ते कमी होईल, असे 'K' चे मूल्य धरण्यांत यावे. कांही वेळा संकल्पित वादळाच्या सुरवातीला हिम पक्व अवस्थेत आहे असे गृहीत धरणे इष्ट असते. अशा उदाहरणांत 'K' चे प्रारंभिक मूल्य तुलनेने जास्त असते. ६ तासांच्या कालावधीतील राशीची बेरीज टप्पा क (१) मध्ये प्राप्त केलेल्या राशीपेक्षा जास्त असावी.

४८ अंश-दिन (degree day) पद्धतीने प्राप्त केलेले हिमवितळणाचे अंदाज

अजमासे ३२° फॅ. उष्णतामानापेक्षा जास्त अंश-दिन, आणि निःसारण क्षेत्रातील "इंच खोलीत" मोजलेले हिमवितळणाचे अपवाह यांच्यातील परस्परसंबंध अनेक अन्वेषकांनी प्राप्त केलेले आहेत. अशा बहुसंख्य अभ्यासांत अधिकतम हिम वितळण अपवाहाची दर अंश-दिनास ०-०४ इंचापासून (अ. ६५ प. २१, २२) ०.०९ (अ. ६५ प. २३) पर्यंत कक्षा आढळून आली आहे, परंतु कांही अपवादात्मक उदाहरणांत हिम वितळणाचा अपवाह, निदान २४ तासांकरता दर अंश दिनास ०.२२ इंचापेक्षा जास्त निर्माण आला होता (अ. ६५ प. १४). वर दिलेल्या मूल्यांची कक्षा जरी फार मोठी असली तरी अ. ४० ते ४५ मध्ये चर्चितलेली चलसंख्या (Variables) विचारांत घेता ती अपेक्षेपेक्षा जास्त नाही असे दिसून येते.

जे अनेक महत्वाचे घटक हिमाच्छादनाच्या अपवादावाहात कारणीभूत होतात त्यातील हवेचे रोजचे सरासरी उष्णतामान हा अनेकांपैकी फक्त एक घटक असल्याने 'अंश-दिन' पद्धत फक्त अजमासात्मक अभ्यासाकरताच उपयुक्त असते. (अ. ६५ प. २४).

४९ हिमवितळण व पर्जन्य यांचा जोड समवृष्टी आलेख- (हायडोग्राफ)

संकल्पित वादळाचा समवृष्टीआलेख प्राप्त करण्याकरता संकल्पित वादळाच्या एकामागून एक येणाऱ्या एकांकी कालावधीशी संवादी

अशा अंदाजित हिमवितळण राशीची तत्संबंधी कालातील पर्जन्यांच्या मूल्यांत प्रत्यक्षपणे भर घालावी. पर्जन्य व हिमवितळणाच्या जोड समवृष्टी आलेखापासून अपवाहाचे गृहीत जलालेख, केवळ अतिरिक्त पर्जन्याच्या अंदाजाच्या अपवाहाच्या जलालेखांचा विकास करण्याकरता, जी संगणन पद्धति वापरतात त्याच पद्धतीने संगणित करण्यात यावे.

G. उत्प्लव मार्गाची आवश्यक क्षमता

५० गृहीत जलालेख

जलाशयांत येणाऱ्या अपवाहाची कांतिक राशी व सकेंद्रण अचूकपणे निश्चित करता येत नसल्याने व मूलभूत धारणांत (Basi Cassumptions) होणाऱ्या अनेक बदलामुळे जलाशयातील संगणित अशा अत्युच्च पातळीत होणाऱ्या फरकांच्या व्यापकतेचा अंदाज घेणे इष्ट ठरते. भिन्न भिन्न परिस्थितीत निर्माण होणाऱ्या संकल्पित उत्प्लवी वादळातील अतिरिक्त पर्जन्यातून निर्माण होणारे अपवाह दर्शविण्याकरता जलालेखाची मालिका खालीलप्रमाणे तयार करून तिचा उपयोग एखाद्या विशिष्ट खोऱ्यात निर्माण होणारा अत्यंत कांतिक पूर अपवाह सुरक्षितपणे बाहून नेण्याकरता लागणारी उत्प्लवाची क्षमता ठरविण्याकरता करण्यात येतो.

(अ) नदीतील जलाशयाच्या अवस्थेतील वरच्या बाजूच्या क्षेत्रांतील अपवाह दाखविणारा 'तात्पुरता संकल्पित उत्प्लवी पूर' जलालेख—नदीच्या नैसर्गिक खोऱ्यातील माहीत असलेल्या अधिकतम पुरांशी संकल्पित पुराच्या अभिलक्षणाची तुलना करण्याकरता पाया म्हणून हा जलालेख उपयोगी पडतो. (आ. १७ C मधील 'D' हा जलालेख पहा.)

(ब) पूर्ण भरलेल्या जलाशयांतील अपवाह दाखविणारा "तात्पुरता उत्प्लवी संकल्पित पुरांचा" अंतःप्रवाही जलालेखः—

अ. ३४मध्ये चर्चिलेल्या पद्धतीने जलाशयांतील अंतःप्रवाहाच्या एकांकी जलालेखांच्या आराखड्याप्रमाणे या जलालेखाचा विस्तार करण्यात यावा. जलाशयाच्या वरच्या बाजूच्या नदीतील नैसर्गिक अवस्थेचा तात्पुरता संकल्पित उत्प्लवी पूर जलालेख आणि जलाशयातील अंतःप्रवाह यांतील फरक अनुक्रमे अपवाहाच्या क्षेत्रांत फेरबदल करण्यात जलाशयामुळे झालेला परिणाम दाखवितो (आ. १७ 'C' मधील जलालेख 'D' पहा.)

(क) तात्पुरत्या उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या अंतःप्रवाहाच्या जलालेखाच्या राशीइतके असणारे पण अपवाहाचे जास्त केंद्रीकरण दाखविणाऱ्या गृहीत जलालेखांचा समूह :-

हे स्वेच्छेनुसार सुधारलेले जलालेख अपवाहाच्या केंद्रीकरणातील संभाव्य फरकामुळे जलाशयातील अधिकतम पातळीतील वाढीचे प्रमाण निश्चित करण्याकरता वापरण्यांत येतात आणि जलाशयातील मुक्तवांधा (Free board) च्या साठ्यात पाण्याचा अंतर्हित असलेल्या सुरक्षा घटकाचा अंदाज करण्याकरता महत्वाचे असतात. (आ. १७ C मधील B, C जलालेख पहा.)

(ड) 'उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या' अंतःप्रवाहाचा जलालेख अगर उचित अशा संभाव्य आत्यंतिक परिस्थिती असलेल्या जलाशयातील अपवाहाची क्रांतिक राशी व संकेद्वण दाखविणारा अंतिम स्वीकृत जलालेख :-

उत्प्लवाच्या क्षमतेमुळे व तो वापरण्याच्या पद्धतीमुळे येणाऱ्या जलाशयातील अधिकतम पातळीच्या सुरक्षिततेच्या खात्रीलायक अंदाजाकरता सुरक्षिततेच्या सर्व बाबी प्रतिबिंबित होतील असे उत्प्लवी संकल्पित पूर अंतःप्रवाहाच्या जलालेखात गृहीत धरावेत.

तात्पुरता उत्प्लवी संकल्पित पूर अंतःप्रवाहाचा जलालेख, उत्प्लवी संकल्पित बादळापासून जलाशयांत येणाऱ्या अपवाहाचे क्रांतिक प्रमाण दाखवील असा तयार करण्यात येतो आणि काही जलाशयाचे बाबतीत तो उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या अंतिम अभिलक्षणाकरता उपयुक्त होईल इतका पुरेसा नेमरत असतो असे मानण्यास हरकत नाही.

इतर जलाशयाकरता मूलमूत माहितीची पर्याप्तता आणि विश्लेषणाची विश्वसनीयता यांचे सर्वसाधारण परिशीलन करून उत्प्लवाच्या तात्पुरत्या संकल्पित पुराच्या अंतःप्रवाहाच्या जलालेखांत उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या सुरक्षित अंदाजाची खात्री येवपाकरता काही फेरबदल करणे योग्य ठरते.

५१ जलालेखांच्या संगणनांची रूपरेखा:-

काही थोड्या हजार मैलापेक्षा लहान क्षेत्रातील निःसारण खोऱ्यातील जलाशयाकरता लागणाऱ्या उत्प्लवमार्गाच्या अंदाजाच्या कामी उपयोग करण्याकरता गृहीत जलालेखांचे संगणन खालील प्रमाणे टप्प्याटप्प्यानी करण्यांत येते आणि

ते सालुदा नदीच्या (S. C.) खोऱ्यातील जलाशयाच्या प्रकल्पाच्या संगणना-
तील उदाहरणाने दाखविले आहे.

- (अ) खोऱ्यातील किमान अंतर्गलनाचे निर्देशांक निश्चित करण्याकरता आणि पर्जन्याचे अतिरिक्त वितरण दाखविणारे तत्सम एकांकी जलालेख प्राप्त करण्याकरता ६ मोठ्या आणि ३ लहान पुरांतील वाढीची संबंधित माहिती आणि जलालेख यांचे विश्लेषण करण्यात आले (को. ४ व ५ आ. ६, ७, ८ आणि १३ आणि तत्संबंधी चर्चापहा.)
- (आ) संबंधित ११०० चौ. मैलाच्या निःसारण क्षेत्रांतील संभाव्य अधिकतम पर्जन्यराशी निश्चित करण्याकरता त्या विभागातील अनेक मोठ्या वादळांचे संबंधित विस्तार आणि हवामानविषयक गुणधर्म यांचे अन्वेषण करण्यात आले. संकल्पित वादळाची कसोटी म्हणून आ. १६ मधील अधिकतम पर्जन्याचा खोली-कालावधी वक्र 'c' निवडण्यात आला. आ. १७ मधील समवृष्टि आलेखांत संकल्पित वादळाच्या ६ तासाची पर्जन्यमूल्ये दाखविण्यात आली.
- (इ) उत्प्लवी संकल्पित पुराच्यावेळी प्रभावी होतील अशी निदर्शक किमान मूल्ये म्हणून गुरुवातीस ०.४ इंच हानी आणि दरताशी ०.०५ इंच अंतःस्राव-निर्देशांक स्वीकृत (adopted) करण्यात आले. आ. १७ मधील समवृष्टिआलेख-चित्रात संकल्पित वादळाच्या अतिरिक्त पर्जन्याच्या संगणित राशी दाखविण्यात आल्या.
- (ई) १९२९ सालातील ऑक्टोबर महिन्यात ता. १ ते ७ च्या दरम्यान नोंदिलेल्या (आ. ८) पर्जन्याच्या वितरणाशी तुलना करता येईल असे गृहीत धरून नदीच्या स्वाभाविक परिस्थितीतील धरणाच्या जागेच्या वरच्या बाजूस पडणाऱ्या एकांकी पर्जन्याच्या राशीपासून प्राप्त होणारा अपवाहाचा एकांकी जलालेख आ. १५ (a) मधील क्र. १५ येथे रेखित केला आहे. उत्प्लवी संकल्पित अतिरिक्त वादळी पर्जन्याच्या राशींना आ. १५ (a) मधील क्र. ५ चा एकांकी जलालेख लागू करून धरणाच्या वरच्या बाजूच्या नदीच्या स्वाभाविक परिस्थितीतील "तात्पुरता उत्प्लवी संकल्पित पुराचा" जलालेख संगणित करण्यात आला (पहा को. ९)
- (उ) संकल्पित वादळाच्या ६ तासाच्या कालावधीच्या संपूर्ण मालिकेतील अतिरिक्त पर्जन्याच्या राशींना आ. १५ (b) मधील अनुक्रमे क्र. २ व ३ हे

सारणी क्र. ९

गृहीति जलालेखिचि संगणन

[illegible]

एकांकी जलालेख लागू करून आ. १५ क मध्ये दाखविलेल्या क्र. २ व ३ मधील पूर्ण सरलेल्या जलाशयातील अंतःप्रवाहाचे प्रमाण संगणित केले होते. अ. १७ अ मध्ये व्यक्तिगत जलालेख आणि दोन्ही उपविभागाचे एकूण अंगिकृत जलालेख दाखविले आहेत. मुलनेने लहान अपवाहाच्या राशी अंतर्भूत असल्याने आ. १७ अ मध्ये दाखविलेले अंगिकृत एकूण जलालेख संकल्पित वादळांमधील उपविभाग २ व ३ यातील क्रान्तिक अपवाह दाखवितात असे गृहीत धरण्यांत आले होते. निष्कारण क्षेत्रांतील इतर विभागांतील संबंधित अशा धारणांमधील बदलांचा यांत विचार केला नव्हता.

(क) ६ तासांच्या अवधीतील जी २ अधिकतम मूल्ये वगळण्यात आली होती ती सोडून संकल्पित वादळांतील एकासागून एक श्रेणाध्य ६ तासांच्या कालावधीतील अतिरिक्त पर्जन्यवाढीचा आ. १५ ब मधील एकांकी जलालेख क्र. १ अ लावून जलालेख 'क्ष' संगणित केला होता. २ अधिकतम ६ तासांतील राशी सोडून आ. १५ क मधील उपविभाग १ या क्षेत्रातील संकल्पित वादळांतील सर्व अतिरिक्त पर्जन्य वाढीपासून निर्माण झालेल्या अपवाहाचे क्रान्तिक प्रमाण जलालेख क्ष हा दाखवील असे गृहीत धरण्यांत आले होते.

(ए) संकल्पित वादळांच्या २ अधिकतम अतिरिक्त पर्जन्याच्या ६ तासांच्या कालावधीतील मूल्यांत आ. १५ ब मधील एकांकी जलालेख क्र. १ अ, १-ब, १-क लागू करून आ. १७ ब मधील जलालेख क्र. १ अ, क्र. १-ब, १-क संगणित करण्यांत आले. त्यातून प्राप्त केलेल्या संबंधित आंशिक जलालेखाची क्ष या जलालेखात भर करण्यात आली. १५ क मधील उपविभाग १ मधील "वात्पुरता उत्प्लवीय संकल्पित पूर," अपवाह दाखविण्याकरता आ. १७ ब मधील जलालेख क्र. १ अ ची निवड करण्यात आली आणि संकल्पित वादळांतील अत्यंत तीव्र अशा १२ तासांच्या कालावधीतील अपवाहाचे अधिकतम तीव्र संकेद्वण दाखविण्याकरता जलालेख क्र. १ ब व १ क यांचा उपयोग करण्यांत आला हे करताना संकल्पित वादळांच्या इतर कालावधीतील धारणांत फरक करण्यात आला नव्हता.

(ऐ) गोन्यानील जात पुराचा अस्थाय करून प्रांत केलेल्या माहितीच्या आधारे संकल्पित वादळातील आधारभूत प्रवाहाचा (Base Flow) दरची. सै.स २ सेकंड फूट अथवा संपूर्ण निःसारण क्षेत्रांत २२०० से. फू. असा अंदाज करण्यात आला होता.

(ओ) आ. १७ अ मधील उपविभाग २ आणि ३ मधील "स्वीकृत" एकूण जलाशयात क. १-अ. क. १-ब आणि १-क यांची आलटून पालटून वाढ केली व प्रत्येक जलाशयाचा संकल्पित वादळाच्या मूल्याशी योग्य तो कालसंबंध लक्षांत घेऊन २२०० से. फू. हा आधारभूत प्रवाह घरण्यात आला व अशा रीतीने आ. १७क मधील जलाशय क. अ, ब, क, संगणित करण्यात आले होते.

२ जलाशयांतील पुरमार्ग निर्धारणाचे संगणन

अंतःप्रवाहाच्या विविष्ट जलाशयाशी अनुरूप अशी जलाशयाची अवस्था संचयराशी आणि उत्प्रवाहाचे प्रमाण (Out flow) यांच्या संगणनाच्या प्रक्रियेस सामान्यतः पुरमार्ग निर्धारण (Flood Routing) असे म्हटले जाते. जलाशयातून एकादा विशिष्ट पुर विशेष प्रकारे मार्गस्थ करून जलाशयातील अधिकतम पातळी खालील प्रमाणे निश्चित केली जाते.

(अ) जलाशयाची प्रारंभिक अवस्था

(आ) जलाशयांत येणाऱ्या अंतःप्रवाहाचे प्रमाण व राशी

(इ) उत्प्रवाहाचे प्रमाण

१) नियामक (regulating) जलनिगम मार्ग आणि विद्युत् जलनिगममार्ग (Power Penstreaks) यातून जाणारे प्रस्नाव

२) उत्प्लव मार्गावरील प्रस्नाव

(ई) जलाशयातील प्रारंभिक पातळीवरील टप्पाटप्प्याने होणारी दर एकाकी वाढीची जलसंचयक्षमता-

५३ पुराच्या सुरवातीची जलाशयाची अवस्था-

ज्या आयोजित जलाशयांच्या संचयक्षमतेपेक्षा पुराच्या अपवाहाच्या राशी नेहमी जास्त असतात अशा निःसारण क्षेत्रातील जलाशयांना लागणाऱ्या उत्प्लवांचा अंदाज करताना उत्प्लवाच्या संकल्पित पुराच्या सुरवातीलाच जलाशय नेहमीच्या

अधिकतम पातळीपर्यंत भरला आहे असे नेहमी गृहीत धरणे जरूर असते. जर उत्पलवाच्या संकल्पित पुराच्या मुलवातील जलाशयातील पाणी, वाटपाच्या व्यवस्थेत त्यातील पाण्याच्या नेहमीच्या अधिकतम पातळीच्या खाली असले तर संवयक्षमतेत काही भाग उपलब्ध असतो असे असले तरी पुराच्या सुकीच्या भाकितामुळे यांत्रिकी अडचणीमुळे, गाळ साचून नळ बुडाल्यामुळे किंवा देखरेखीतील निष्काळजीपणामुळे नियामक निर्गम मार्गाचे योग्यप्रकारे नियंत्रण न होण्याच्या संभवतेमुळे संकल्पित पुराच्या प्रारंभी जलाशय पूर्णपणे भरला आहे असे गृहीत धरणेच योग्य ठरेल. शिवाय भविष्यातील विकासात मुलच्या कार्यवाही योजनेत फेरबदल होण्याची शक्यता असते. तसेच संकल्पित उत्पलवा पुराच्या मुलवातील असणाऱ्या जलाशयाच्या पातळीत तो पूर्ण भरण्याच्या संभाव्यतेत वाढ होण्याची शक्यता असते.

खोऱ्यातील मोठ्या पुरांतील अपवाहाच्या राशीच्या मानाने जलाशयाची संवयक्षमता जास्त असेल तर उत्पलवाच्या संकल्पित पुराच्या प्रारंभी वाजवी-रीत्या अपेक्षित असणाऱ्या जलाशयाची अधिकतम पातळी शक्यतितक्या विचबुकपणे निश्चित करण्याकरता अभ्यास करण्यात यावा. नाल्याच्या प्रवाहाची माहिती असलेल्या काळात जर जलाशय अस्तित्वात असेल तर आराखड्याच्या कारवाईच्या काळात जी जलाशयाची अत्युच्च पातळी आली असती ती निश्चित करण्याकरता जलाशयातील गृहीत कारवाईचे अभ्यास करण्यात यावे. जर नाल्यातील प्रवाहाची माहिती पुरेशा कालमानाकरता उपलब्ध असेल व तीवरून प्रवाहाच्या सरासरीची कल्पना मिळत असेल तर गृहीत कारवाईच्या योजनेतील जलाशयांतील भिन्न भिन्न पातळ्यांची संभाव्यता दिग्दर्शित करण्यासाठी वारंवार-तावक संगणित करण्यात यावे. जरी जलाशयांतील एकादी विशिष्ट पातळी व उत्पलवातील संकल्पित पूर निर्मिती एकाचवेळी अग्याची संभाव्यता अनिश्चित असते तरी पूर्वीच्या पुरांच्या माहितीवर आधारितल्या पुरापानळीच्या वारंवारतेची माहिती उत्पलवातील संकल्पित मुलवातील पुराच्या जलगंधवाच्या पातळीसंबंधी वाजवी धारणा करण्याकरता उपयुक्त व मार्गदर्शक होईल. युनायटेड स्टेटस्मधील अनेक महत्वाच्या पूरप्रतिबंधक धरणांतील उत्पलवांच्या गरजा निश्चित करण्याच्या संबंधात कारवाईच्या गृहीत योजनेत सरासरीने २५ वर्षांतून एकदा पूर येईल अशी वारंवारता असलेल्या पुरांत उत्पलवातील संकल्पित पुरांच्या प्रारंभी येणाऱ्या पातळीइतकी पाण्याची पातळी असेल असे गृहीत धरण्यात आले आहे.

५४ नियंत्रक जलद्वारातून जाणारा प्रवाह

सामान्य परिस्थितीत उल्लवसागर्वरून वाहणाऱ्या पाण्याच्या जोडीला नियंत्रक जलद्वारातूनही पाणी सोडले जाते. परंतु आणिवाणीच्या प्रसंगी उत्प्लवाच्या संकल्पित पुराच्या वेळी यांत्रिक दोषामुळे वा जलप्रवेशमागे कच्च्याने भरल्यामुळे अथवा आणिवाणीच्या वेळीं देखमालीची उणीव पडल्यामुळे नियंत्रक जलद्वारे अप्रवृत्त (Inoperative) होतील असे गृहीत धरणे योग्य होईल असे सामान्यपणे मानले जाते (अ. ५३ पहा)

५५ जलाशयांतील प्रमाण निर्धारण पद्धति

जरी जलाशयांतील अंतःप्रवाह, संचय व उत्प्रवाह यांचे निश्चित असे परस्पर संबंध असतात, तरीते संबंध वैजिक पद्धतीने व्यक्त करणे सामान्यपणे अवघड जाते. परिणामतः क्रमवर्ती छोट्या कालावधीत येणाऱ्या अंतःप्रवाहाच्या राशीपासून निर्माण होणाऱ्या उत्प्रवाहाचे प्रमाण व जलसंचयांतील वाढ अथवा घट ज्यामुळे संगणित करता येईल अशा तऱ्हेची टप्प्याटप्प्याची संगणन पद्धति सामान्यपणे अनुसरली जाते. त्याच्या कालावधीतील अंदाजी सरासरी प्रमाणांशी मुरवातीच्या आणि अखेरच्या कालावधीतील मध्यम प्रतीचा अंतःप्रवाह व मध्यम प्रतीचा उत्प्रवाह निकटपणे जुळतील अशा धारणेची खात्री देता येईल अशा अंतःप्रवाहाच्या वाढीच्या संगणना करण्यात येतात.

जलाशयातून पुराचे मार्ग निर्धारण करण्याच्या फार व्यापक प्रमाणांत वापरण्यांत येणाऱ्या पद्धतीपैकी एका पद्धतीत "अंतःप्रवाह संचय-निसरण" I.S.D. वक्रांच्या वापराचा अंतर्भाव असतो. (अ. ६५ प. २५) हे वक्र आ. १८ मधील वक्रासारखेच असतात. आ. १७ क मध्ये दाखविलेल्या जलालेखाच्या मार्ग निर्धारणामध्ये वापरण्याकरता आ. १८ तयार करण्यात आलेली पद्धति वापरण्यात आली त्यावरून I.S.D. वक्रांची पद्धत विकास करण्यास सोयीस्कर आहे असे दिसून आले आहे. एक सोडून एक वापराकरता ६ व १२ तासांच्या कालावधीची दोन प्रवाह कालांतरे निवडण्यात आली. ज्या पुरांच्या कालावधीत अंतःप्रवाहाच्या जलसंचयाच्या व उत्प्रवाहाच्या फरकांचे प्रमाण तुलनेने एकसारखे होते अशा १२ तासांच्या अंतःप्रवाह-कालावधीचा संगणनेत उपयोग करण्यांत आला आणि उच्चतम पुराच्या आसपासच्या अधिक जलद होणाऱ्या फरकांच्या प्रमाणाचे

मूल्यमापन करण्याकरता ६ तासांचा कालावधी वापरण्यात आला. आ. १८ तील I.S.D. वक्र खालीलप्रमाणे तयार करण्यांत आले.

(अ) S वक्र म्हणून उत्प्लव मार्गाच्या माथ्याच्या पातळीवर असणाऱ्या जलाशयाच्या संचयक्षमतेचा वक्र आलेखित करण्यात आला. त्याचा 'भूज' एकर फुटांत व जलाशयातील पातळ्या 'कोटी' धरण्यांत आल्या.

(आ) उत्प्लवमार्गाचे "कवलन" वक्र (Rating Curves) Q वक्र म्हणून आलेखित केले. त्याचे "भूज" सेकंड फूट व जलाशय पातळ्या "कोटी" म्हणून धरल्या.

(इ) जलाशय पातळीशी जुळणारी अर्धी उत्प्लवी निःसारण क्षमता जी १२ तासातील एकर फुटामध्ये निर्देशित केली आहे ती S वक्रामधून वजा करून वक्र B_{१२} संगणित केला होता आणि S वक्राला दर १२ तासास एकर फुटांत येणारी अर्धी उत्प्लवी निःसारण क्षमता वाढवून E_{१२} वक्राचे संगणन करण्यात आले. ज्याअर्थी (अंदाजानें) १ सेकंद फूट दर हादरदिवशी २ एकर फुटाइतका असतो त्याअर्थी Q वक्राचा सेकंद फुटातील (भूज) दर १२ तासांच्या एकर फुटातील उत्प्लवी निःसारण क्षमतेइतका होतो व हेही लक्षांत ठेवावे की एकर फुटांत S वक्राचे (भूज) प्रमाण Q से. फुटातील वक्राच्या प्रमाणाच्या दुप्पट असते. म्हणून B_{१२} वक्रावरील केंद्राचे संगणन जलाशयातील पातळीशी जुळणाऱ्या Q वक्रावरील भुजा इतकी अंतरे S वक्राच्या डाव्या बाजूस सोडून रेखाचित्रीय पद्धतीने करण्यात यावे आणि S वक्राच्या उजव्या बाजूस तितकीच अंतरे सोडून E_{१२} वक्राचे संगणन करण्यांत यावे. अशाच पद्धतीने कालांतरातील फरक लक्षांत घेऊन B_६ आणि E_६ या वक्रांचेही संगणन करण्यात यावे.

५६ पूरमार्ग निर्धारणाच्या संगणनाचा नमुना

I.S.D. वक्र वापरून जलाशयातून पूरप्रवाह मार्गस्थ करण्याची एक सोयीस्कर पद्धत सारणी १० मध्ये समाविष्ट केलेल्या संगणनाने दर्शविली आहे. अंतःप्रवाहाचे प्रमाण वराशी यांची माहिती ३ ते ५ स्तंभांत समाविष्ट केली आहे आणि ती आ. १७ C मधील B या जलालेखाशी मिळतीजुळती आहे. स्तंभ ५ मधील पहिल्या ४ अंतःप्रवाहातील वाढी १२ तासांच्या अवधी करता संगणित केल्या

सारणी क्र. १०

पूर - निधिरिणांच्या संगणनांचा नमुना

पुराच्या सुरवाती पासूनचा वेळ, तासांत	मध्यंतराचा कालावधी (T), तासांत	जलाशयात येणाऱ्या प्रवाहाचे तात्कालिक प्रमाण (I) घ. कू. सें. त ^२	मध्यंतराच्या सुरवातीच्या आणि अखेरच्या प्रवाहाची वेरीज ($I_1 + I_2$)	मध्यंतराच्या कालावधीमधील जलाशयांत येणाऱ्या प्रवाहाची राशी एकर फूट ^३	मध्यंतराच्या अखेरीस असणारी जलाशयाची पातळी फुटांत m.s.l.	मध्यंतराच्या अखेरीस असणारे सांडण्यावरील प्रवाहांचे प्रमाण घ. कू. सें.
१	२	३	४	५	६	७
०		२०००			४३०.०	०
१२	१२	३८००	५८००	२९००	४३०.३	५००
२४	१२	१०४००	१४२००	७१००	४३१.०	२०००
३६	१२	५२४००	६२८००	३१४००	४३३.६	१२०००
४८	१२	१७३१००	२२५५००	११२७००	४४०.५	६४०००
५४	६	२२१४००	३९४५००	९८६००	४४४.६	१०६०००
६०	६	२४५८००	४६७२००	११६८००	४४८.२	१४७०००
६६	६	२३७५००	४८३३००	१२०८००	४५०.६	१७८०००

७२	६	२११८००	४४९३००	११२३००	४५१.८	१९३०००
७८	६	१८००००	३९१८००	९७९००	४५१.८	१९३०००
८४	६	१४८६००	३२८६००	८२१००	४५१.१	१८४०००
९६	१२	९२८००	२४१४००	१२०७००	४४८.१	१४६०००
१०८	१२	५४१००	१४६९००	७३४००	४४४.५	१०५०००
१२०	१२	२९७००	८३८००	४१९००	४४१.०	६००००
१३२	१२	१६५००	४६२००	२३१००	४३८.२	४४०००
१४४	१२	८८००	२५३००	१२६००	४३६.१	२८०००
१५६	१२	४०००	१२८००	६४००	४३४.५	१७०००
१६८	१२	२५००	६५००	३२५०	४३३.४	११०००
१८०	१२	२०००	४५००	२२५०	४३२.३	८०००
१९२	१२	२०००	४०००	२०००	४३२.०	५०००

“अंतर्वाहीचे प्रमाण आ. १७तील जलालेख B इतका आहे.

‘मध्यंतरातील अंतर्वाहीचे सरासरी प्रमाण $= \frac{1}{2} (I_1 + I_2)$ (अंदाजी).

जर $T = १२$ तास असेल तर अंतर्वाहीची राशि $= \frac{1}{2} (I_1 + I_2)$ (अंदाजी)

जर $T = ६$ तास असेल तर अंतर्वाहीची राशि $= \frac{1}{2} (I_1 + I_2)$ (अंदाजी).

‘आ. १८ त दाखविलेल्या वक्राची संगणित केलेली.

होत्या म्हणून पहिल्या ४८ तासांच्या कालावधीतील पुराच्या संगणनाकरता आ. १८ मधील $B_{1/2}$, $E_{1/2}$ हे वक्र वापरण्यात आले होते. पूर येऊ लागल्यावर सुखाती-पासूनच्या पहिल्या ४८ ते ८४ तासांच्या कालावधीकरता अपवाहाचे आणि टप्पाटप्पाच्या जलालेखाचे बिनचूक स्वरूप (definition) समजावे म्हणून ६ तासांच्या कालावधीच्या अपवाहाच्या माहितीवरून तयार केलेले B_6 आणि E_6 ही वक्र वापरण्यात आली होती.

पुराच्या सुखातीची जलाशयातील पाण्याची आरंभीची पातळी ४३०.० फूट धरण्यात आली होती (पहा अ. ५३) आ. १८ मध्ये राजटिंगची क्रिया रेखाचित्रीय पद्धतिने दाखविण्यात आली आहे. सुखातीला संबंधी अंतःप्रवाहाची राशी थोडी असल्याने या क्रियापद्धतीतील आरंभीच्या पायऱ्या अस्पष्ट आहेत पण ही पद्धति राजटिंगच्या चौथ्या टप्पातील A.B.C. या मालिकेत दिग्दर्शित केलेल्या पद्धतीसारखीच आहे. $B_{1/2}$ वक्रावरून उपलब्ध झालेली १२ तासांतील अपवाहाची वाढ (११२,७००) एकर फूट, भूज AB म्हणून वापरण्यात आली आणि ती रेखा पुराच्या ४८ तासांच्या अखेरीची जलाशयाची (४४०.५ फूट) पातळी प्राप्त करण्याकरता B बिंदूपासून 'C' या बिंदूजवळ वक्र १२ ला छेद देईल अशी उभी रेखाटण्यात आली.

अंतःप्रवाहातील ५ वी वाढ ही ६ तासांच्या कालावधीची होती म्हणून ते अंतःप्रवाह मूल्य (१,८६०० ए. फू.) B_6 या वक्रावर भुज म्हणून D. E. या रेपेने दाखविण्यात आले. ५४ तासांच्या पुराच्या कालावधीच्या अखेरीस उद्भवणारी जलाशयांतील (४४४.६ फूट) पातळी प्राप्त करण्याकरता E_6 या वक्रापर्यंत ती रेखा उभ्या दिशेने प्रक्षेपित करण्यात आली. याप्रमाणे जलाशयांतील टप्पा-टप्पाचा संपूर्ण जलालेख १० व्या सारणीतील ३ च्या स्तंभातील कौष्ठकांत संगणित करण्यात आला. जलाशयांतील निरनिराळ्या पातळ्यांशी जुळणाऱ्या (सारणी १० तील स्तंभ ७ मधील) उत्प्रवाहांची प्रमाणे Q या वक्रावरून वाचण्यात आली. हे निष्कर्ष आ. २० मध्ये आरेखित करण्यात आले.

वर दर्शविलेल्या पूरमार्ग निर्धारण क्रियापद्धतीची सप्रमाणता खालील प्रमाणे सिद्ध करता येते.

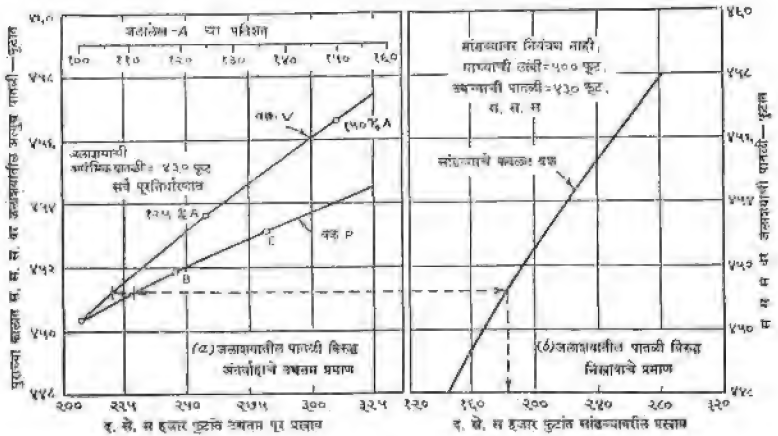
आ. १८ मध्ये GI ही रेखा ६ तासांच्या अंतःप्रवाहाची राशी दाखविते असे समजा. GF ही ६ तासांच्या कालमानाच्या सुरवातीचे अपवाहाचे प्रमाण, KJ ६ तासांच्या कालमानाच्या अखेरचे अपवाहाचे प्रमाण दाखविते असे समजा.

$$\frac{(GF + KJ)}{2} = \text{अपवाहाच्या सरासरी प्रमाण} = GF + IJ$$

$GI - (GH + IJ) = ३$ तासांच्या कालमानातील सुरुवातीच्या व अखेरच्या जलाशयाच्या पातळीतील (IJ) फरकाशी जुळवारी संचित जलराशी.

५७. पूरमार्ग निर्धारणाच्या (राऊटिंगच्या) निष्कर्षाची आलेखीय मांडणी

जलाशिपातून एकादा विशिष्ट जलालेख मार्गस्थ करून प्राप्त केलेली संचित जलराशीची अच्युच्च पातळी ही पूर अपवाहाची राशी व प्रमाण अधिमार्गित (Surcharge) संचय आणि अपवाहाचे प्रमाण यांच्या एकवित परिणामाचे प्रतिबिंब असते. अ. ५० मध्ये नमूद केलेल्या जलालेखासारखे गृहीत जलालेख मार्गस्थ करून प्राप्त केलेल्या निष्कर्षाच्या संक्षिप्त आलेखीय वितरणाची, अपवाहाचे प्रमाण व राशी यासंबंधीच्या अनुमानातील होणाऱ्या विविध प्रकारच्या फरकांची परिणामांच्या अभ्यासांत बहुमोल मदत होते.



टीपा-

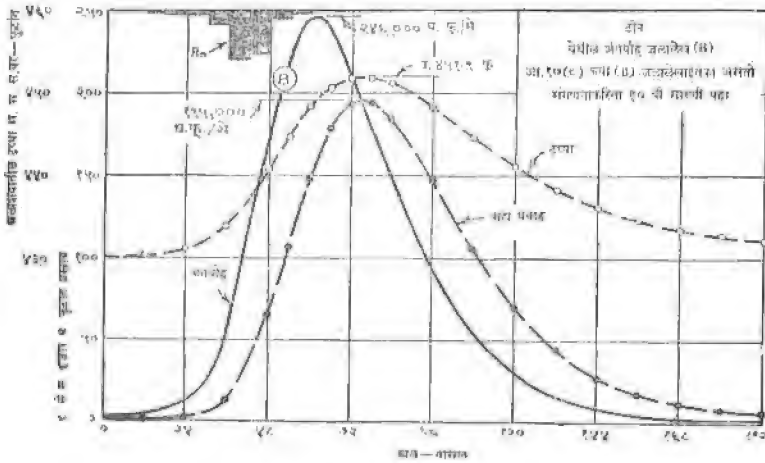
एक समान अपवाहाच्या राशी दाखविणाऱ्या आ. १७ (C) मधील अच्युच्च जलालेख (A), (B) व (C) यांचे मार्ग निर्धारण करून P या पक्षावरील A, B आणि C हे बिंदू प्राप्त करण्यात आले. आ. १७ (C) मधील जलालेख (A) च्या सर्व कोटी निरतिराख्या टोकेवरील पातळी जलालेखांचे मार्ग निर्धारण करून वक्र V सांठित करण्यात आले. पूरमार्ग निर्धारणाचे निष्कर्षे.

आ. १९. पूर निर्धारणाचे निष्कर्ष

आ. १९ मध्ये दाखविलेले नकाशाचे नमुने विशेष प्रकारे उपयुक्त होतात असे गिळ शाले आहे. अ. ५६ मध्ये निर्देशन केलेल्या नमुना संगणनांत गृहीत धरलेल्या कारवाईच्या आराखड्यातील "तात्पुरत्या उतप्लवी अभिकल्पन पुरातील" जलाशयांतील उच्च पातळी आ. १९ a मधील A या बिंदूने दाखविली आहे. अपवाहातील अधिक संकेद्रण आणि अधिक उच्चतम प्रमाण आहे अशा तात्पुरत्या उतप्लवी अभिकल्पन पुराच्या राशीइतकी एकूण राशी दाखविणारा गृहीत जलालेख मार्गस्थ करून P या वक्रावर बिंदू संगणित करण्यात आले. स्वीकृत उतप्लवी अभिकल्पन वादळापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे "क्रांतिक" क्षेत्र अंदाजित करताना संभाव्य चुकांचा संख्यात्मक परिणाम P या वक्रावरून निश्चित करता येतो. या उलट तात्पुरत्या उतप्लवी अभिकल्पन पुरांच्या जलालेखांच्या सर्व कोटी मधील प्रत्यक्ष वाढीची टक्केवारी दाखविणारे गृहीत जलालेख मार्गस्थ करून वक्र V हा संगणित करण्यांत येतो. जलालेखातील कोटींची (ऑडिनेट्मची) टक्केवारीवाढ ही संकल्पित वादळी पाऊसाच्या अनिश्चित-संख्यात्मक राशीतील वाढीइतकी असते.

मात्र तात्पुरत्या उतप्लवी संकल्पित पुराच्या अंदाजाचा विकास करण्याकरिता वापरण्यात येणाऱ्या एकांकी जलालेखांत दिसून येणाऱ्या अपवाहाच्या गृहीत कार्यक्षेत्रामध्ये (REGIMEN) फेरबदल झालेला नसतो. वक्र V व वक्र P यांच्या उतारांची तुलना करणे हे अपवाहाची क्रांतिक राशी आणि क्षेत्र यांचा अंदाज करताना होणाऱ्या संभाव्य चुकांचा सापेक्ष परिणामाचे द्योतक चिन्ह म्हणून उपयुक्त होते. आ. १९ मध्ये तुटक रेपेने दाखविल्याप्रमाणे आ. १९ b वरून जलाशयांतील कोणत्याही पातळीशी जुळणारे उतप्लवी निःसारणाचे प्रमाण काढता येते.

उतप्लवी अभिकल्पन पुरातील उत्प्रवाहाचे प्रमाण व उच्च जलाशयांतील टप्प्यांचा कालावधी अंदाजित करण्याकरता आ. २० मध्ये दाखविलेल्या जलालेखांसारखे जलालेख तयार करणे इष्ट असते. शिवाय संकल्पित पुरांतील अनिश्चित पर्जन्य आणि अंतःप्रवाह उत्प्रवाह टप्पा जलालेख यांचे कालसंबंधांचे, कार्यवाही अनुसूची आणि पुरांचे भाकित करण्याच्या संरणा निश्चित करण्याकरता महत्त्व असते.



आ. २० जलाशयातील अंतर्वाह (अंतःप्रवाह), टप्पा, बाह्यप्रवाह (उत्पन्न) यांचे गललेख

५८ मुक्त बांध

संगणित उत्पन्नी पुरातील जलाशयातील पाण्याची अत्युच्च पातळी आणि बंधाऱ्याचा साधा यांच्या उंचीतील फरकाला "मुक्त बांध" ही संज्ञा दिली जाते. लाटांच्या आघातामुळे व वाऱ्याच्या स्थापनामुळे (Set up) बंधाऱ्याच्या माथ्याची गंभीर प्रमाणांत होणारी हानी रोखण्याइतपत मुक्त बांध पुरेसा असावा. प्रकरण ७ मधील अ. ९ व १० मध्ये याची लक्षणे विवेचित केली आहेत.

५९. सुरक्षा मर्यादा

सामान्य विचार—

पुष्कळवेळा सांडव्याच्या अपुऱ्या क्षमतेमुळे मोठे बंधारे फुटून जातात आणि परिणामतः मोठ्या प्रमाणांत जीवित हानी होण्याचा संभव निर्माण होतो. संबंधित क्षेत्रात जास्तीत जास्त पुर केवळा आला होता हे माहीत असले व तो बाहून नेण्याची सांडव्याची क्षमता पुरेशी असली तर अशा तऱ्हेची धरणे फुटण्याचा संभव अत्यंत कमी असतो. तरीगुढ्या संपूर्णपणे सुरक्षिततेची ताची असावी म्हणून अपेक्षित अशा आत्यंतिक क्रांतिक परिस्थितीलाही शक्यतो तोंड देईल असे सांडव्याचे बांधकाम असले पाहिजे व शिवाय योग्य तितक्या सुरक्षा मर्यादांची जोड दिली पाहिजे.

धरणाच्या खालच्या वाजूच्या मालमत्तेचा धोका जास्त प्रमाणात वाढणार नाही अथवा धरण चालू केल्यामुळे अगर ते फुटल्यामुळे होणाऱ्या नुकसानीची योग्यप्रकारे भरपाई देता येईल अशी हमी घेणे नैसर्गिक प्रवाहांत कोणतेही बांधकाम करू इच्छिणाऱ्या संस्थांवर बंधनकारक असते हे अभिप्रेत आहे. तुलनेने खुज्या बंधान्यांच्या सांडव्याच्या क्षमतेचा अंदाज करतांना राबदती कमीत कमी खर्च येईल अशा तऱ्हेची सुरक्षा मर्यादा विचारात घेतली जाते. कारण असे धरण फुटल्यास त्यामुळे मालमत्तेचे नुकसान फार होत नाही व जीवितहानीचा धोका संमीर नसतो. परंतु जेव्हा उंच धरण बांधले जाते तेव्हा सांडव्याची क्षमता अथुरी असल्याने जर धरण फुटले तर इतकी नुकसानी होते की नुकसानीची न्यायनिष्ठेची रक्कम व्यवहार्य असली तरी तिची भरपाई काणे प्रकल्पाच्या सालकांच्या शक्तीपलीकडे असते. अशा तऱ्हेच्या धरणफुटीमुळे होणाऱ्या सामाजिक परिणामांचे व जीविताच्या धोक्याचे आर्थिक मूल्यामापन करणे शक्य नसते.

फक्त बांधकामाच्या धोक्याचा संशय असेल तर अशा अनेक प्रकल्पांचे पुरस्कर्ते त्याला पूर्णपणे व खानीलायक संरक्षण देण्याकरिता लागणारी खर्च करण्याऐवजी अशा आत्यंतिक पुरांच्या असंभाव्यतेवरच भरवसा ठेवतात. परंतु जेव्हा धोक्यातील प्रधान अंश धरणाच्या खालच्या मालमत्तेसंबंधी असतो, त्यावेळी उत्तलवी संकल्पित पुरांच्या अभिलक्षणाच्या विकासाचा विचार करताना अतिशय नेमस्त धोरण ठेवावे लागते. धरण फुटल्यामुळे होणाऱ्या संभाव्य हानी आणि मानवी जीवनाच्या धोक्यांचा अंदाज करतांना खालील वाजूच्या पूर क्षेत्रांतील भविष्यकालीन संभाव्य विकास तसेच तेथील सध्याची परिस्थिती यांचाही विचार करणे अगत्याचे असते.

एकाद्या विशिष्ट प्रकल्पातील बंधान्याच्या सांडव्याच्या क्षमतेची पर्याप्ति आणि उंची ठरवितांना अनेक वाढी विचारांत घ्याव्या लागतात. उदाहरणार्थ-सांडव्याच्या प्रस्त्रावाची क्षमता आणि अधिभारित जलसंचय यांचे परस्पर संबंध व मुक्त बांधाकरिता लागणारी माया विचारांत घ्याव्या लागतात. तसेच धरणाचा माथा, लाटांचा मारा सहन करील इतका भक्कम असावा लागतो आणि सांडव्याच्या संकल्पित पुरांच्या गृहीत अंदाजाची संभाव्यता विनचक असावी लागते.

६० अधिभारित जलसंचय आणि सांडव्यावरील प्रस्त्राव निःसारण यांचा अन्योन्य संबंध.

पूर्ण भरलेल्या जलाशयातील पाण्याच्या सामान्य पातळीपेक्षा जास्त असलेल्या जलाशयाच्या उंचीला 'अधिभार' ही संज्ञा पुढील विवेचनांत वापरणात आली आहे. जलाशयाच्या अधिभारित उंचीशी समान अमणाच्या त्यांतील संचयाच्या राशीला 'अधिभारित संचय' असे नांव देण्यांत आले आहे. अनिर्बंधित सांडव्याच्या उंबरठ्याच्या (Sill) पातळीशी जलाशय पूर्ण भरण्याच्या वेळेची स्थिती सामान्यतः जुळणारी असते, आणि ती निर्बंधित सांडव्याच्या माध्यावरील दरवाजांच्या शीर्षाच्या पातळीशी जुळणारी असते, अर्थात या नियमाला कांही अपवाद असतात.

क्रांतिक पुरराशीचा विनचूक अंदाज आणि एकाद्या विशिष्ट निःसारण खांब्यांतील क्रांतिक अपवाहाचे परिमाण यांच्या एकमेकांशी तुलना करणांतील तद्विषयक महत्त्व तेशील जलाशयातील अधिभारित संचय क्षमता आणि त्याशी संबंधित पाण्याच्या पातळीच्या वेळी असणारी उत्प्लवी निःसारणक्षमता यांच्या परस्पर संबंधावरून निश्चित करायत येते. पाण्याचा एक थेंबही (तळ्यातून) बाहेर जाणार नाही अशा तऱ्हेने संभाव्य अशा अत्युच्च पुरांतील संपूर्ण (जल) राशी (तळ्यांत) सामावून जाईल इतकी जर एकाद्या विशिष्ट धरणाची उंची असली तर अशावेळी जलाशयांत जी अत्युच्च पातळी असते ती पुरांतील राशीवर अवलंबून असते आणि तिच्यावर कोणत्याही प्रकारच्या अंतःप्रवाहाच्या प्रभावाचा परिणाम होत नाही. अशावेळी संभाव्य अशा अत्युच्च पुराच्या काळांत जलाशयातील कमाल पातळीचा अंदाज, त्यावेळी असणारी पुर अपवाहाची राशी, जलाशयांतील प्रारंभिक जलसंचयाची पातळी, आणि जलसंचय क्षमतावरून यांची जितक्या विनचुक तऱ्हेने निश्चिती करता येईल त्यावर संपूर्णतया अवलंबून असतो. उलटपक्षी जर सांडव्याला दरवाजे ठेवलेले असतील आणि ते (दरवाजे) अधिभारित (जल) संचय साठणार नाही अशा तऱ्हेने कार्यवाहीत आणले असतील तर (जलाशयातून) पाणी बाहेर जाण्याचे कमाल प्रमाण आणि जलाशयात येणाऱ्या पाण्याचे कमाल प्रमाण हे एकमेकां-इतके असतात. मग यावेळी पुरराशी कितीही असो. अशावेळी सांडवा केवढा असावा याच्या अंदाजाची विश्वसनीयता उत्प्लवी 'कवलन वक्राची' अचूकता आणि अपवाहाच्या अत्युच्च प्रमाणाचा विनचुक अंदाज यावर अवलंबून असते.

बहुतेक जलाशयांच्या प्रकल्पांच्याबाबतीत अधिभारित जलसंचय आणि मांड-व्याची निःसारणक्षमता यांचे परस्परसंबंध बर उल्लेखिलेल्या दोन परिसीमांच्या दरम्यान असतात.

पूर्वीच्या परिच्छेदातील चर्चेला धरून असा खालील सामान्य सिद्धान्त मांडता येईल की, महापुरांतील कांतिक कालावधीतील उत्प्लवी निःसारणाच्या तुलनेने जर जलाशयांतील अधिभारित संचयक्षमता जास्त असेल तर अंतःप्रवाहाचे परिमाण अचूकपणे निश्चित करण्यापेक्षा उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या राशीचे अचूक अनुमान करणे हे जास्त महत्वाचे असते. याउलट जर अधिभारित जलसंचयाच्या राशीपेक्षा उत्प्लवी निःसारण तुलनेने जास्त असेल तर अपवाहाचे श्रॉतिक प्रमाण बिनचुक निश्चित करणे अत्यंत महत्वाचे ठरते. (अ. ५७ पहा).

६१ मुक्तबांध—सवलत

उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या कालावधीत लाटांच्या आघातापासून संरक्षण करण्याकरता जो मुक्तबांध ठेवलेला असतो त्यावर अधिकमण होऊ देऊ नये. अर्थात काहीवेळा मुक्तबांध हीच सुरक्षिततेची मर्यादा आहे असे मानण्यास हरकत नाही. मात्र अशावेळी जेव्हा जलाशयातील पातळी अत्युच्च पातळीचे जवळपास असते तेव्हा मोठ्या लाटा उत्पन्न होतील असा बाऱ्याचा वेग निर्माण होण्याची संभाव्यता अतिशय कमी असेल अशी खात्री असली पाहिजे.

लाटांच्या आघातामुळे होणाऱ्या नुकसानीपासून धरणाचे संरक्षण हे केवळ मुक्तबांधाच्या उंचीवरूनच संपूर्णपणे निश्चित करता येत नाही. लाटामुळे होणाऱ्या क्षरणापासून होणारे नुकसान थोपविण्याची बंधाऱ्याची क्षमताही तितकीच किंवा त्यापेक्षाही जास्त महत्वाची असते. बंधाऱ्याच्या पृष्ठतलावरील लाटांच्या प्रत्यक्ष आघातामुळे आणि आगिबाणीच्या काळांतील बंधाऱ्याच्या माथ्यावर उडणाऱ्या लाटांच्या फवाऱ्यामुळे होणारे धोकादायक क्षरण ही दोन्ही रोखण्याइतकी संरक्षक तरतूद केली पाहिजे.

६२ उत्प्लवांच्या अभिकल्पनांतील अचूकता—पुरांचे अंदाज

उत्प्लवी अभिकल्पित पुराचा खात्रीलायक अंदाज ज्या बाबीवरून निश्चित करता येतो त्यांचा गोष्टबारा खाली दिला आहे.

(अ) आधार वृक्ष अभ्यासात जी जलविज्ञानविषयक माहिती वापरण्यात येते तिची व्याप्ति आणि अचूकता :-

कधी काळावधीच्या पेशा ज्ञान काळावधीच्या जलविज्ञानविषयक माहितीवर आधारलेल्या संभाव्य अशा जास्तीत जास्त पुरांचे अंदाज ज्ञान खात्रीलायक असताना असे मानणे संयुक्तिक असते. प्रातिनिधिक स्वरूपाच्या परिस्थितीच्या परिशेताकरिता खात्रीलायक अशी आधारभूत माहिती उपलब्ध असेल तर जलविज्ञानविषयक अभ्यास करणे शक्य असते व त्यामुळे संबंधित निवारण खोऱ्यातील अपवाहाच्या वैशिष्ट्यांच्या अनिश्चिततेने निराकरण होऊ शकते. मात्र केवळ वन्याच काळावधीची माहिती उपलब्ध आहे म्हणून त्या क्षेत्रातील क्रान्तिक पुरांच्या संभाव्यतेचे दिग्दर्शन होतेच असे निश्चित म्हणता येणार नाही. उदाहरणार्थ संयुक्त अमेरिकेच्या ईशान्य भागातील अंदाजी तीनशे वर्षांच्या काळातील अभिलक्षित मोठ्यांत मोठ्या पुरांपैकी तीन पूर १९३६ आणि १९३८ या वर्षांच्या दरम्यान आले होते.

(आ) हवामान विषयक व जलविज्ञानविषयक अभ्यासांची परिपूर्णता :-

एकाद्या खोऱ्यातील पुरांच्या संभाव्यतेसंबंधीच्या होबल चुकीच्या कल्पना टाळण्याकरिता पुरांच्या माहितीला हवामान विषयक विश्लेषणाची जोड देण्यात यावी. अनेक परिस्थितींच्या संयोगाने अत्युच्च पूर येणे क्वचित घडते व त्यांची वारंवारता तुलनेने कमी असते. अशा वारंवारता कमी असणाऱ्या घटनांमुळे एकाद्या विशिष्ट खोऱ्यातील त्या खोऱ्याकरिताच फक्त उपलब्ध असलेल्या जलविज्ञानविषयक माहिती वर आधारलेले अत्युच्च पुरांचे संभाव्य अंदाज तयार करणे पूर्णपणे अव्यवहार्य असते. अभ्यासातर्गत खोऱ्याच्या आमपासच्या सामान्य क्षेत्रातील पुरांची माहिती आणि मोठी वाढले यांच्या अन्वेषणाची विशिष्ट खोऱ्यातील उपलब्ध माहितीला जोड देणे शक्य होते. त्यामुळे (यावरून काढलेल्या) निकषांच्या विश्वमनीयतेतही भर पडते.

(इ) मिळविलेल्या माहितीचे विश्लेषण आणि निबंधन करण्यांत गतिलेल्या कर्मचारी वर्गाचा अनुभव आणि तारतम्य :-

जलविज्ञानविषयक आणि हवामानविषयक अभ्यासाचे शिक्षणाने आणि अनुभवाने प्राप्त केलेल्या ज्ञानाचा संकल्पचित्रातील पूर अंदाज

खात्रीपूर्वक करण्याकरता फार उपयोग होतो. अनेक जलविज्ञान व हवामान विषयक घटनांच्या विविध वैशिष्ट्यामुळे अशा कामी येणाऱ्या समस्या सोडविण्याकरता लागणारा व्यापक अनुभव स्वचित्तच एकाच व्यक्तीला असू शकतो. म्हणून अन्य अन्वेषणातून प्राप्त केल्या निष्कर्षांची माहिती अमलेल्या तांत्रिक प्रकाशनांचा सखोल अभ्यास करून आपल्या अनुभवास जोड देणे हे नेहमी अधिक महत्वाचे असते.

- (ई) खोऱ्याचा आकार, त्यातील अंतःसरण आणि अपवाह यांच्यावर परिणाम होणारी भौतिक लक्षणे, आणि त्या विभागातील वैशिष्ट्यपूर्ण हवामान परिस्थिती :-

एकाद्या खोऱ्यातील कांतिक पुराच्या व्याप्तीचा खात्रीपूर्वक अंदाज करणे दुसऱ्या क्षेत्रापेक्षा (कधी कधी) जास्त कठीण असते. उदाहरणार्थ ज्या खोऱ्यांत साधारणपणे वादळी पर्जन्यातील ८० ते ९० टक्के पाऊस वाहून जातो अशा खोऱ्यातील किमान अंतःसरणाचा अंदाज करण्यात होणाऱ्या चुकांची व्याप्ती तुलनेने कमी असते. याउलट ज्या खोऱ्यांची जास्त प्रमाणांत अंतःस्त्राव क्षमता असते अशा वैशिष्ट्यपूर्ण खोऱ्यातील निःसारण हातीचा अंदाज करण्यात संभाव्य चुका मोठ्या प्रमाणांत होतात. सामान्य नियम असा की लहान खोऱ्यातील अपवाहाचे अत्युच्च प्रमाण अंदाजित करण्यात येणारी चुकांची टक्केवारी मोठ्या खोऱ्यांकरता करण्यात येणाऱ्या अंदाजातील चुकापेक्षा जास्त असण्याची शक्यता असते, याच्या सत्यतेची अनेक कारणे आहेत. लहान खोऱ्यांत नेहमीच्या पर्जन्य आणि आत्यंतिक पर्जन्य यांच्या परिणामांतील फरक जास्तीत जास्त असतो. सामान्यतः लहान खोऱ्यांतील पात्रांतील संचयावरील अधिमिश्रक परिणाम सामान्यतः कमी असतो आणि अशा खोऱ्यांतील वैशिष्ट्यास अनुरूप अशा एकाएकी येणाऱ्या पुरामुळे होणाऱ्या वाढीचे बिनचूक मापन करणे अत्यंत अवघड असल्याने तेथील निःसारण क्षेत्रांतील मोठ्या पुरांचे ज्ञान बरेच अपुरे असते. ज्या खोऱ्यांतील पात्रांची संचयक्षमता मोठी असते अशा खोऱ्यांत पावसाच्या तीव्रतेतील मोठे फरक तेथील निःसारणाच्या प्रमाणावर थोडा परिणाम करतात. या उलट तितक्याच फरकामुळे अन्य खोऱ्यांत परिणामकारक तफावत पडण्याची शक्यता असते.

६३. सुरक्षा मर्यादा - सारांश

मागील चर्चेवरून असे दिसून येते की, उत्पलवी संकल्पित पुराच्या अंदाजामे लानू पडले अशी सुरक्षिततेची योग्य मर्यादा ठरविण्याकडिता अमदी सांचेबंद असे नियम घालून देणे शक्य नाही. अंतिम निर्णय तारतम्यावरच बहुतांशी आधारले गेले पाहिजेत. उत्पलवी संकल्पित पुराच्या अंदाज तयार करण्याचा उद्देश अत्यंत कठीण परिस्थितीत झुड्या धरण सुरक्षित राहिले अशी त्याची उंची व बांधव्याची क्षमता असावी हा असल्याने या कामी परिणामकारक ठरणाऱ्या घटकांचा व्यक्तिगत परिणाम महत्वाचा नसून अशा सर्व घटकांचा एकत्रित परिणाम अंतिम महत्वाचा असेतो. अर्थात उत्पलवी पुर संकल्पाचा अंदाज करताना त्यातील अंगभूत नेमस्तपणाचे मान जाणून घेण्याकरता (अशा अंदाजातील) संबंधित मुख्य घटकांतील रास्त तफावतीमुळे होणाऱ्या परिणामांचे मूल्यमापन करणे जरूरीचे असते. मागील परिच्छेदात निर्दिष्टित केलेल्या संशयन पद्धती, एकाद्या विशिष्ट निःसारण खाऱ्यांतील क्रान्तिक पुर जलालेखामुळे प्राप्त झालेल्या सामुदायिक घटना आणि व्यक्तिगत अवस्था यांचे काळजीपूर्वक परिक्षण करता यावे म्हणून, विकसित केलेल्या गेल्या आहेत.

६४. उत्पलवी संकल्पित पुर जलालेखाची निवड :-

उत्पलव असेलेल्या माहितीवरून अपेक्षित हवामान विषयक व जलविज्ञान-विषयक अवस्था अत्यंत तीव्र प्रमाणांत एकत्र येण्यामुळे उत्पन्न होणारे अपवाहाचे संकेंद्रण व क्रान्तिक राखीचे निदर्शन करण्याकरता "तात्पुरत्या उत्पलवी संकल्पित पुर जलालेख" तयार करण्यात येतो. तात्पुरत्या उत्पलवी संकल्पित पुर जलालेखाचे संशयन करण्याकरता फक्त जलविज्ञान विषयक आणि हवामानविषयक परिणामांचा विचार करावा लागत असल्याने एकाद्या विशिष्ट प्रकल्पात स्वीकृत केलेल्या धरणाचा प्रकार आणि आकार, बांधव्याचा आकार, आणि मुक्त बांधाची उंची काहीही असली तरी तेथील जलालेख नीच असतो असे मानण्यास हरकत नाही. परंतु अंतिम उत्पलवी संकल्पित पुर जलालेखाचा उद्देश, एकाद्या घटनेच्यावेळी धरण फुटू नये अगर त्याचे तीव्रतर नुकसान होऊ नये म्हणून सुरक्षिततेचा जो दर्जा असणे इष्ट असते तो आहे अशी खात्री असावी म्हणून ज्या सुरक्षिततेच्या मर्यादा समाविष्ट केलेल्या असतात त्या प्रतिबिंबित व्हाव्या, हा असतो.

सुरक्षिततेच्या इष्ट अशा मर्यादांचे निदर्शन व्हावे म्हणून तात्पुरत्या उत्पलवी संकल्पित पुर जलालेखात ज्या प्रमाणांत फेरबदल करणे जरूर असते ते विशिष्ट

प्रकल्पातील घटकांवर अवलंबून असल्याने केवळ जलविज्ञानविषयक व हवामान विषयक अभ्यासावर अंतिम उत्पलवी संकल्पित पूर जलालेखाची अभिलेखणे आधारीत करू नयेत. एकाच जागेवरील प्रकल्पांचे बाबतीत जर निरनिराळ्या संकल्पचित्रातील सुरक्षिततेची अंगे बऱ्याच प्रमाणात भिन्न असली तर त्या प्रकल्पाकरता वैकल्पिक संकल्प चित्रे तयार करण्याकरता उत्पलवी संकल्पित पुरांची निरनिराळी अभिलेखणे विचारात घेणे इष्ट होईल. परंतु अशा अभ्यासांत बऱ्याच अनिश्चित बाबी अंगभूत असल्याने संकल्प चित्र तयार करताना गृहीत धरल्या बाबत लहान प्रमाणांत फरक होत असतो. त्यामुळे जलालेखांत फरक न करता तौलनिक दृष्ट्या सुरक्षितता मर्यादा पूर्णपणे प्राप्त होतील अशी सांडव्याची क्षमता व धरणाची उंची यांचा अत्यंत काटकसरीचा संयोग प्राप्त करण्याकरता पुरेसा नेमस्त मानला जाईल असा उत्पलवी संकल्पित पूर जलालेख निवडण्याची सामान्य कळ पद्धत अवलंबिली जाते.

अ. ५१ मध्ये चर्चिलेल्या नमुना संगणनाकरता, संबंधी प्रकल्पाकरता उत्पलवी संकल्पित पूर जलालेख म्हणून आ. १७८ मधील जलालेख B निवडण्यांत आला होता. हा जलालेख (B) निवडतांना अ. ५९ ते ६३ मध्ये ज्या बाबींची चर्चा करण्यांत आली होती त्या विचारांत घेतल्या होत्या. प्रयोगात्मक धरणांत मानलेल्या सांडव्याच्या क्षमतेत व धरणाच्या उंचीत, संकल्पित पूर आल्यावेळी पुरेशी सुरक्षितता प्राप्त होईल असे अत्यंत काटकसरीचे संकल्प चित्र उपलब्ध व्हावे म्हणून किरकोळ फेरबदल करण्यांत आले होते.

III संदर्भ ग्रंथ

६५. सामान्य विवरण— या प्रकरणांत ज्या प्रकाशनांचा उपयोग करण्यांत आला ती आकड्यांत दाखविली आहेत. इतर संदर्भ वरील लेखांत संपूर्णतया देण्यात आले आहेत.

१-रॉबर्ट ई. हॉर्टन, "डिटर्मिनेशन ऑफ इन्फ्लूएन्स कर्पेसिटी फार लार्ज ड्रेनेज बेसीन्स," ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड २ रा, १९३७, पृ. ३७१ ते ३८५

२-रॉबर्ट ई. हॉर्टन, अर्नॅलिसिस ऑफ रन ऑफ-प्लॉट एक्सपेरिमेंट्स अँड व्हेरिंग इन्फ्लूएन्स कर्पेसिटी", ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड ४ था १९३९, पृ. ६९३-७११.

३-एल. के. जर्मन आणि एल. सी. मेयर, "ऑप्लिकेशन ऑफ इन्फ्लूएन्शन थिअरी टू एंजिनिअरिंग प्रॅक्टिस," ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड ३ रा १९४१, पा. ६६६-६७७.

४-एल. के. जर्मन, "दि यूनिट हायड्रोग्राफ अँड ऑप्लिकेशन," बुलेटिन ऑफ असोसिएटेड स्टेट एंजिनिअरिंग सोसायटीज्, एप्रिल १९४१.

५-जी. आर. फ्री, जी. एम. ब्राउनिंग, आणि जी. डब्ल्यू. मस्प्रेव्ह, "रिलेटिव्ह इन्फ्लूएन्शन अँड रिलेटिव्ह फिजिकल कॉन्स्ट्रस्टिक्स ऑफ सर्टन सॉईलस", यू. एस. डिपा. ऑफ्रि. बुले. ७२९, जुलै १९४०, वाशिंगटन, डी. सी.

६-फ्रँक्लीन एफ. स्नायडर, "ए कन्सेप्शन ऑफ रन ऑफ फिनांमिना," ट्रॅन्स अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड ४ था, पा. ७२५ ते ७३८.

७-फ्रँक्लीन एफ. स्नायडर, "सिथॉटिक यूनिट ग्राफस", ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड १ ला, १९३८, पा. ४४७-४५४.

८-ई. जे. रट्टर, क्यू. बी. ग्रेव्हज आणि एफ. एफ. स्नायडर, "फ्लड राउटिंग. ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड १०४, १९३९, पा. २७५-३१३.

९-डब्ल्यू. बी. लॅम्बीन, "सम चॅनेल स्टोरेज स्टडीज अँड देअर ऑप्लिकेशन टू दि डिस्ट्रिबुशन ऑफ इन्फ्लूएन्शन", ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड १ ला पा. ४३५-४४७.

१०-बी. आर. गिल्क्रेस्ट आणि एल. ई. मार्श, "चॅनेल-स्टोरेज अँड डिस्चार्ज रिलेशन्स इन दि लोअर ओहिओ रिव्हर व्हॅली", ट्रॅन्स. अमे. जिओ. फिजि. युनियन २२ बी वार्षिक सभा, १९४१.

११-वरट्रॅम. ई. ब्रान्स, "दि स्ट्रॅक्चर ऑफ डिस्चार्ज-रिसेशन कव्हेंज", ट्रॅन्स-अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड ४ था, १९३९, पा. ७२१-७२५

१२-जेरोम नेमिअस, "एन्ड इन्ट्रोडक्शन टू दि स्टडी ऑफ एअर मास एँड एसेंट्रॉपिक अर्नॅलिसिस," ५ वी आवृत्ति, (ऑक्टो. १९४०), अमेरिकन मिटी-रिऑलॉजिकल सोसायटी, मिल्टन, मॅस. यांनी प्रकाशित केलेली.

१३-"ए रिपोर्ट ऑन दि मॅक्सिमम पॉसिबल प्रेसिपिटेशन ओव्हर दि ओहिओ रिव्हर ट्रिब्यूटरी बेसीन अबव्ह पिट्सबर्ग, पा." यू. एस. एंजिनिअर डिपार्टमेंटच्या सहकार्याने यू. एस. वेदर ब्यूरोच्या हायड्रोमिटीरिऑलॉजिकल विभागाने तयार करून प्रसिद्ध केलेला अहवाल.

१४-"ए रिपोर्ट ऑन दि मॅक्सिमम पॉसिबल प्रेसिपिटेशन ओव्हर ऑपॉपॅनूसक बेसीन अबव्ह युनियन व्हिलेज, व्हीटी., यू. एस. एंजिनिअर डिपार्टमेंटच्या सहकार्याने यू. एस. वेदर ब्यूरोच्या हायड्रोमिटीरिऑलॉजिकल विभागाने तयार करून प्रसिद्ध केलेला अहवाल.

१५-"स्टॉर्म रेनफॉल ऑफ ईस्टर्न युनायटेड स्टेट्स' मियामी कॉन्ग्रेशनल डिस्ट्रिक्ट, स्टेट ऑफ ओहिओच्या एंजिनिअरिंग कमिशन्यांचा टेक्निकल रिपोर्ट, भाग ५ वा (सुधारित, १९३६)

१६-एस. एम. वेली आणि जी. आर. इनायडर, "दि मॉनिगमम प्रावेल फ्लड अँड इटम् रिक्लेशन टू स्फिल्वे कर्पसिटी," सिव्हिल एंजि. ज्ञानेश्वरी, १९३९, पा. ३२.

१७-गेल. ए. हॅर्यवे, "अॅप्लिकेशन्स ऑफ हायड्रॉलॉजी इन फ्लड कंट्रोल." प्रो. सि. हायड्रॉलॉजी कॉन्फरन्स, जून ३०-जुलै २, १९४१, पेन्सिल्व्हेनिया स्टेट कॉलेज, अमे. सो. सि. इं., अमे. जिओफिजि. युनियन आणि सोसायटी फॉर प्रमोशन ऑफ एंजिनिअरिंग एज्युकेशन यांच्या विद्यमाने भरविलेली.

१८-मेरिल बर्नार्ड आणि वॉल्टर टी. विल्सन, "ए. न्यू टेक्नीक फॉर दि डिट-मिनेशन ऑफ हीट नेसिसरी टू मेल्ट स्नो." ट्रॅन्स. एम्. जिओफिजि. युनियन, खंड १ ला, १९४१, पा. १७८-१८१.

१९-डब्ल्यू. टी. विल्सन, "एन आऊटलाईन ऑफ दि थर्मोडायनमिक्स ऑफ स्नो-मेल्ट" ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन खंड १ ला, १९४१, पा. १८२-१९५.

२०-फिलिप लाइट, "अॅनॅलिसिस ऑफ हाय रेड्स ऑफ स्नो मेल्टिंग," ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड १ ला, १९४१, पा. १९५-२०५.

२१-रॉबर्ट ई. हार्टन, "फिनांमिना ऑफ दि कान्टेक्ट ज्ञोन बिटवीन दि ग्राऊंड सर्फेस अँड ए लेयर ऑफ मेल्टिंग स्नो," इंटर्न. असो. हायड्रॉलॉ. वुळे. २३, १९३८, पा. ५४५-५६१.

२२-यू. एस. जिओलॉ. सर्व्हे वॉटर-सप्लाय पेपर्स-७९८, ७९९ व ८००.

२३-जॉर्ज डी. क्लाइड, "स्नो मेल्टिंग करेक्टारिस्टिक्स," टेक. वुळे. २३१, आगस्ट १९३१, ऊटा अॅग्रि. एक्स्प. स्टेट., ऊटा. स्टेट अॅग्रि. कॉलेज, लॉगन, ऊटा.

२४-ऑटो एन्. स्मोत, "दि स्नो-मेल्ट प्राव्लेस अँड अॅफेक्टिंग दि डिझाईन, ऑफ फ्लड कंट्रोल वर्क्स," (जे. ड. चर्च आणि एच. यू. स्वेड्रूप यांनी केलेली चर्चा) ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन, भाग ३ रा, १९४० पा. १०३३ ते १०४६.

२५-"रिपोर्ट ऑन पार्वल सर्व्हे ऑन टेनेसी रिव्हर अँड ट्रिब्युटरीज, एच. डी. १८५, ७० वी कॉन्ग्रेस, १ ले अधिवेशन, परिशिष्ट B, भाग २ रा, पा. ४६-६२.

२६-सी. एस. जॉव्हिस, "फ्लड्स इन दि युनायटेड स्टेट्स" यू. एम्. जिओलॉ. सर्व्हे वॉटर-सप्लाय पेपर ७७१. १९३६.

२७-डब्ल्यू जी. हॉयट, "स्टडीज ऑफ रिक्लेशन ऑफ रेतफॉल अँड रन-ऑफ इन दि युनायटेड स्टेट्स", यू. एम्. जिओलॉ. सर्व्हे. वॉटर सप्लाय पेपर ७७२, १९३६.

२८-मेरिल, बर्नार्ड, "फॉर्म्युलाज फॉर रेतफॉल इंटेंसिटीज ऑफ लॉग डायूरेशन, ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं., १९३२, पा. ५९२.

२९-ग्रेगरी आणि आर्नोल्ड, "रन ऑफ-रॅज्जल रन ऑफ फॉर्म्युलाज", ट्रॅन्. अमे. सो. सि. इं., १९३२, पा. १०३८.

३०—डॉ. एल. यार्नेल, "रेनफॉल इंटेलिजेंसी-फ्रीक्वेंसी डेटा" यू. एस. डिपा. ऑफ़ि., संकीर्ण प्रकाशन २०४, १९३५.

३१—मी. एस. जॉर्विहस, "फ्लड फ्लो कंटेन्टरिस्टिक्स", ट्र. अमे. सो. सि. इं. १९२६, पा. ९८५.

३२—अल्व हेंसन, "फ्लड फ्लोज," जॉन वायली अँड सन्स, १९३०.

३३—काल जी. पॉलसेन, "दी मेजमेंट अँड कॉम्प्यूटेशन ऑफ़ फ्लड-डिस्चार्ज" ट्रेंस अमे. जिओफिजि. युनियन, भाग २, १९३९, पा. १७७.

३४—"रिपोर्ट ऑफ़ कमिटी ऑन फ्लड्स." जे. वास्टन सोसा. सि. इं. खंड-१७, क्र. ७, सप्टेंबर १९३०.

३५—"बुले. अमे. मिटीरि. सो." खंड १७, क्र. ६ व ७, जून, जुलै १९३६.

३६—मेरिल बर्नार्ड, "एन अप्रोच टू डिफ़िनिट स्ट्रीम फ्लो," ट्रेंस अमे. सो. सि. इं., १९३५, पा. ३४७.

३७—"फ्लड्स इन दि यूनायटेड स्टेट्स" (तपशीलवार वर्णन), यू. एस. जिओलॉ. सर्वे वॉटर-सप्लाय पेपर्स, ८८, ९२, ९६, १४७, १६२, ३३४, ४८७, ४८८, ७७१, ७९८, ७९९, ८०० आणि ८१६.

३८—विलियम पी. क्रीगर, "पॉसिबल अँड प्रॉबेबल फ्यूचर फ्लड्स," मि. इं. नोव्हेंबर १९३९, पा. ६६८.

३९—क्रीगर अँड जस्टिन, "हायड्रो-इलेक्ट्रिक हँड बुक", जॉन वायली अँड सन्स, १९२७.

४०—परिशिष्ट ७, फ्लड कमिशन, पिट्सबर्ग, पा.

४१—आय. ड. हाऊक, "हाय रेनफॉल्स अँड रन ऑफ़ फ्रॉम स्मॉल एरियाज" इंज. न्यूज. रिकार्ड, खंड ८७, १९२२, पा. ४८०.

४२—ई. एफ. मैक्कार्थी, "फॉरेस्ट कव्हर अँड फ्लड कंट्रोल", ट्रेंस अमे. सो. सि. इं., १९२९

४३—एच. पी. एडी., ज्यू. "न्यू इंग्लंड फ्लड्स ऑफ १९३६" सिविल इंज. मे १९३६.

४४—"नॅशनल आस्पेक्ट्स ऑफ़ फ्लड कंट्रोल, ए सिपोजियम," ट्रेंस अमे. सो. सि. इं., १९३८.

४५—डब्ल्यू. ई. फुलर, "फ्लड फ्लोज," ट्रेंस अमे. सो. सि. इं., १९१४, पा. ५६४.

प्रकरण ६ वे

सांडवे*

१. प्रवणिका (Chute) सांडवा— जर धरणे दगडी अगर मातीची असली, अगर काही विविष्ट कारणांमुळे धरणावरून पुराचे पाणी जाऊ देणे अशक्य असले अगर इष्ट नसले तर बंधान्यातजिक कोणच्यातरी प्रकाराच्या सांडव्याची तरतूद केली पाहिजे. सांडव्याच्या सामान्य प्रकारांत धरणाच्या खालच्या बाजूने नैसर्गिक उतारावरून अगर खोदलेल्या मातीच्या अगर खडकाच्या तयार केलेल्या उतारावरून एक उथळ सांडवा बांधून ते पाणी वाहून नेले जाते. अशा जागी सांडव्याला लावणारी वंदी प्रमाणित असेल तर अ.-२ मध्ये वर्णिलेल्या बाजूचा पार्श्व पात्री (Side Channel Spillway) सांडव्याकरिता उपयोग करण्यात येतो. पण ज्याठिकाणी जागा भरपूर असेल तेथे प्रवणिका सांडवा (Chute Spillway) बांधण्यात येतो. जेथे माती आणि खडक या दोघांचे चढउतार बांधकाम काटकसरीने करता येईल असे चांगल्या प्रकारे सोयीस्कर असतील अशीच जागा या सांडव्याकरिता निवडलेली असते. टिनोएस्टा, पा, या धरणाच्या प्रवणिका सांडव्याची रूपरेखा आ. १-(a) मध्ये दाखविली आहे. ज्या ठिकाणी (जल) विभाजक उथळ आहे, आणि ज्यातून पाणी वाहून नेले जाते ते अखेरचे टोक धरणाच्या चवड्यापासून दूर आहे अशीच जागा ठरविण्यात येते.

जरी "प्रवणिका सांडवा" असे या प्रकारच्या सांडव्याचे नाव सामान्यपणे प्रचलित आहे तरी ती संज्ञा गैरलागू आहे. कारण पार्श्व नालीचे (Side Channel) सांडवे, फार काय कॉन्क्रीटच्या बंधान्यावरील असेंद सांडवे, यासारख्या अनेक सांडव्यांनासुद्धा त्यांच्या निःसारणाच्या अखेरच्या टोकास प्रवणिका (Chute) अगर प्रोणिका यासारखी वैविष्ट्ये अस्तित्वात असतात. अर्थात् येथे वापरण्यात आलेली संज्ञा, बंधान्यापासून विलग असलेल्या आणि त्याच्या मध्यरेपेची काटकोनात ज्याचे शीर्ष आहे अशा आ. १ (a) मध्ये दाखविलेल्या सांडव्यासच लागू आहे, आणि त्याची नदीला मिळणारी निःसारण नाली हंद खोदून वनविलेली असते आणि याही नालीवर संपूर्ण अगर काही भागात

* फक्त विशेष प्रकारचेच सांडवे— शिवाय प्र. ११, १४ आणि २४ पहावी.

कॉक्रीटची फरशी करण्यात येते. (सांडव्याचा) माथा अगर प्रत्यक्ष सांडव्याची ऊंची आ- १ (b) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे अगदी किरकोळ किंवा अवलजवळ सपाट असते.

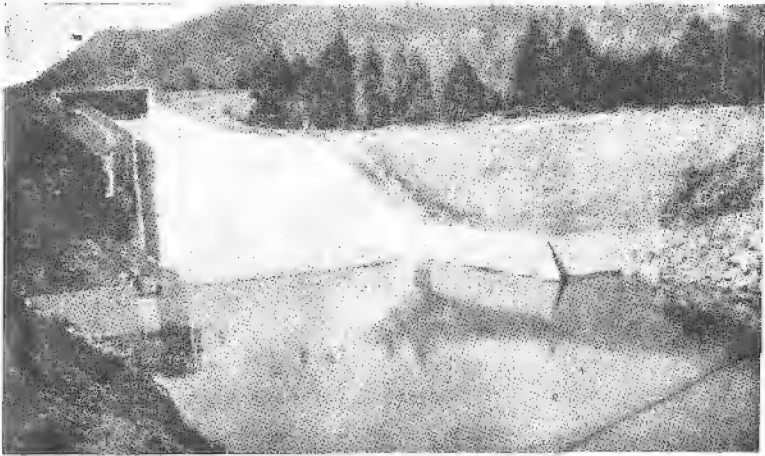
डेनिसन, टेक्स, धरणाच्या सांडव्याचे संकल्पचित्र तयार करताना, डेनिसन, टेक्सासच्या यू. एन्. एंजिनिअर कार्यालयातील ए. एल्. आर्लीन यांनी या प्रांतातील प्रवणिका सांडव्याचा संपूर्ण अभ्यास केला होता. त्या कार्यालयाने १९३९ च्या डिसेंबर महिन्यात त्यांनी तयार केलेला अहवाल, "रिपोर्ट ऑन गूट रिप्लेव्ह," या नावाने प्रसिद्ध केला आहे. पूर्वी संकलित केली गेली होती त्यापेक्षा कितीतरी अधिक माहिती या अहवालात समाविष्ट करण्यात आली आहे. या अनुच्छेदात आधार म्हणून या माहितीचा मुक्तपणे उपयोग करण्यात आला आहे.

(अ) पाया :- पायात विशेष प्रकारे विकृता न होईल इतके वजन सावरू शकेल अशा कोणत्याही प्रकारच्या पायावर प्रवणिका सांडवा बांधता येईल. परंतु अतिशय क्षरण न होता जास्तीत जास्त पुराचे पाणी त्यातून वाहून नेणे अशक्य असले तर कॉक्रीटची फरशी करून त्याचे संरक्षण केले पाहिजे.

जमीन व खडक यांच्या सापेक्ष अपक्षरणक्षमतेसंबंधी फार धाडी माहिती उगलब्ध आहे. अर्थात् दृढीकरण न केलेली वाळू अगर कंकर यांचे अगदी सहज अपक्षरण होते. घट्ट माती (Hardpan) अगर चिकणमाती यावर प्रवाही पाण्याचा त्यामानाने काहीसा कमी परिणाम होतो. अक्षुब्ध अधिघट्ट चट्टिका आणि शेल हे अनेक खळखळ वाहणाऱ्या नाल्यांच्या तळाशी आढळून आले आहेत. आडव्या पदराच्या कठीण खडकात जर बऱ्याच उभ्या शिवणी असल्या तर अतिशय वेगाने वाहणारं पाणी त्यात शिरू शकते आणि त्यामुळे असे कठीण खडक अतिशय सहजपणे शिजून जातात. भेगात शिरणाऱ्या पाण्याच्या वेगामुळे गतिशील दाब निर्माण होतो आणि त्याचा दगडातील आडव्या पदरावर परिणाम होऊन त्यामुळे दगडातून मोठे मोठे तुकडे उचकटून निघतात. उभे पदर असणाऱ्या आणि भरीव दगडावर अर्थातच याचा काही परिणाम होत नाही.

अपक्षरण होऊ नये म्हणून किती प्रमाणात संरक्षण द्यावयाचे हे त्या ठिकाणी संपूर्ण नुकसानी होऊ नये यापेक्षा त्याला होणाऱ्या देखरेखीच्या संभाव्य खर्चावर अवलंबून असते. म्हणून सांडवा कितीवेळ वाहतो ती वारंवारता या कांमी परिणाम स्वरूप बाब ठरते. उदाहरणार्थ काही पुरनियंत्रक बंधाऱ्याच्या बाबतीत सांडव्या-

काही काही प्रकारची माती व बेल त्यांच्यावरील वजन निःसारण नालीच्या खोदाईमुळे कमी होवून आणि संपृक्त झाल्याने फुगून जातात. अशा ठिकाणी क्रांतीच्या फरशीसंबंधी वारीकसारिक वादतीतही विशेष लक्ष दिले पाहिजे. आणि विशेषतः जेथे ही फरशी बाजूच्या उतारावरील फरशीशी अगर आधार भितीशी जोडली जाते त्या ठिकाणी (मातीतील अगर शेलमधील) हाल-चालीमुळे तडे पडू नयेत म्हणून काळजी घेतली पाहिजे.



आ. २ कंचिस धरणावरील प्रवणिका सांडवा. (ए. एल. अॅलीन, लॉक सिट.)

काही वेळा ही संरक्षक फरशी सांडव्याच्या संपूर्ण लांबीवर केली जाते आणि शिवाय सांडव्याच्या खालच्या बाजूस पाण्याच्या वादतीचा न्हास होण्याकरता आणि त्या जागी फरशीच्या खाली तलोच्छेदन टाळण्याकरता शमनकुंडाची (Stilling basin) (अ. ३७ प्र. ३) तरतूद करण्यात येते. अशा तऱ्हेचा सांडवा आ-२ मध्ये दाखविला आहे. आ. १ व ३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे अन्य ठिकाणी माथ्याच्या खालच्या बाजूस अगदी थोड्या अंतरापर्यंतच फरशीची तरतूद करण्यात येते. अशा ठिकाणी फरशीच्या खाली काही नुकसानी झाली तरी त्यामुळे सांडव्याला धोका आहे अगर ती विशेष धोकादायक बाब आहे असे मानण्यात येत नाही.

(आ) हानी. अॅलीन यांनी अभ्यास केलेल्या ८३ प्रवणिका सांडव्यांपैकी १२ना हानी पोहोचली होती. त्यात समस्या निर्माण झाल्या

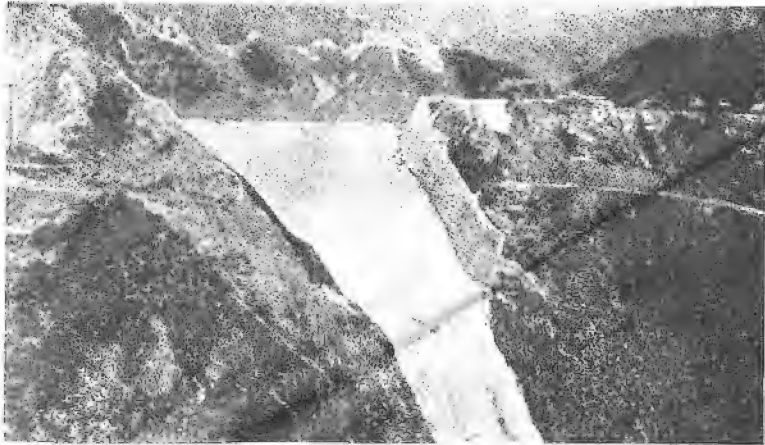
होत्या. त्यापैकी तीन सांडवे भरावावर बांधले होते. ही चांगली पद्धत आहे असे मानले जात नाही. तीव्हीमध्ये फरशीच्या खालच्या बाजूस पायांत विसृत प्रमाणांत अपक्षरण झाले होते. बरच्या बाजूस अपुरा काटमार्ग आणि निःसारण नाल्यामुळे निर्माण झालेल्या शीर्षजलाच्या उत्क्षेपामुळे एकात भेगा पडल्या होत्या, फरशीत असलेल्या भेगांत वेगाने निःसारणाच्या पाण्यामुळे एकाचे नुकसान झाले होते. सांडव्यात वाकणावर बाजूच्या भितीवरून एकांत पाणी वाहून गेले होते आणि उरलेल्या तिन्हीच्या नुकसानीची कारणे निश्चित समजून आली नव्हती, बहुतेक तेथील अंचला (Apren) मध्ये भेगी पडल्या असल्यात.

(इ) सामान्य सांडणी— आ. १ प्रमाणे सांडव्याचा माथा सरळ रेषेत असू शकतो पण काही ठिकाणी बाजूच्या पसरट भितीशी काटकोनांत वाढोळा सांडवा बांधणे किफायतशीर होऊ शकते. जेथे सांडव्याचा माथा सपाट माथ्याच्या बांधाप्रमाणे नसतो पण त्याचा आकार काहीशा उंचीच्या बांधासारखा असतो अशा ठिकाणी जलविषयक दृष्टीने गोलाकार माथा ठेवणे योग्य असते. कारण त्यात उपयुक्त अशी वैशिष्ट्ये आढळून येतात. असा गोल आकार ठेवल्यामुळे माथ्या वरून पडणाऱ्या प्रवाह धारा बाजूच्या भितीशी समांतर रहात नाहीत आणि त्यामुळे खालच्या बाजूच्या विक्षोभास आळा बसतो.

खर्च कमी करण्याच्या दृष्टीवर माथ्याची लांबी किती असावी हे अवलंबून असते. कारण विशिष्ट माथ्याच्या उंचीच्या प्रमाणात जशी त्याची लांबी कमी होते तशी घरणाची उंची वाढते. साधारणपणे सांडव्याची रुंदी त्याच्या माथ्यापाशी जास्तीत जास्त असते आणि नंतर ती कमी होत जाते आणि ही कमीत कमी रुंदी निःसारण द्रोणीच्या अत्यंत काटकसरीच्या आकारा वरून निश्चित करण्यात येते. सगळ्यात खालच्या टांकाजवळ त्याला कधी कधी रुंद अगर पसरट आकार देण्यात येतो व त्यामुळे समतल कुंडात घेणाऱ्या पाण्याच्या लांबीच्या दर फुटांतील शक्ति कमी करता येते.

आ. १ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे सांडव्याची मध्यरेषा बहुधा सरळ असते. ज्यावेळी काही अपरिहार्य परिस्थितीत तिला वक्रता देणे जरूरीचे होते तेव्हा वाकणाच्या बाहेरच्या पाण्याच्या पृष्ठपातळीचे किती प्रमाणांत बहिरःउत्थापन (Super elevation) असावे यावर विशेष लक्ष दिले पाहिजे हे बारकाईने ठरविण्याकरता द्रवचलित विषयक प्रतिमान चित्रावरून चाचणी करणे अवश्य असते. तीव्र वाकणाच्या बाहेरच्या बाजूस सांडव्याच्या डोणीच्या बाजूना

उतार देणे टाळावे कारण त्यामुळे खडचा वितीविक्षा अशा ठिकाणी पाण्याच्या पृष्ठभागावर जास्त प्रमाणात उत्थापन होते. शक्य तितक्या माथ्यापासून दूर धरणाच्या टोकापर्यंत पाणी घेतले जावे वाहू शकेल इतके सुसंगत असे सौम्य उतार प्रवणिका सांडव्याला नेहमी दिले जातात, आणि नंतर खालची पातळी गाठण्याकरता खडेपण स्थिर रहातील असे उतार देण्यात येतात. या योजनेमुळे कमीत कमी खोदकाम करावे लागते व माथ्यापासून शक्य तितक्या जास्त वेगाने प्रवाह जातो आणि धरणापर्यंत अपप्रवाही दिशेने क्षरण होण्याकरता ज्या अंतराची जखरी असते त्यातही वाढ होते. अर्थात काही विशिष्ट उदाहरणात प्रवणिकेचा खडा भाग माथ्याच्या थेट खालच्या बाजूस ठेवला जातो. याचा उद्देश असा की त्यामुळे तळातील खडक अगर ज्या दगडामधील पदरावरक्षणाचा परिणाम होणार नाही अशा खडकापर्यंत लवकर जाता यावे यामुळे कांक्रिटच्या फरशीच्या खालीत बसत होते आणि हे अवश्य असते कारण या कामावर पुष्कळवेळा खोदकामापेक्षा जास्त खर्च येतो.



आ. ३ सॅन गॉब्रिल क. १ च्या धरणावरील प्रवणिका सांडवा (ए. एल. ॲलिन, लॉक. सिट.)

या दुसऱ्या उदाहरणात खालच्या बाजूस खडचा उताराच्या पायथ्याशी एक मागंढणी नाली ठेवावी लागते मात्र पुराचा उच्चविंदू गाठण्यापूर्वी पुरेशा आकाराची पन्हाळ प्रवणिकेच्या न उकरलेल्या भागांत क्षरणामुळे तयार होईल अशी खात्री असली पाहिजे. अर्थातच धरणाच्या खालच्या बाजूला क्षरण क्रियेने निघालेली माती वगैरे साचून त्यामुळे होणाऱ्या संभाव्य नुकसानीकडेही लक्ष ठेवले पाहिजे.

(ई) काँक्रीटच्या फरशीची जाडी:- ज्या जागी उत्प्लवमार्ग सहज धरण होईल अशा मातीवर आधारलेला असतो तेथे फरशीची आवश्यकता असते हे उघड आहे. ज्याठिकाणी खडक आढळतो तेथे फरशीमुळे गुळगुळीत पृष्ठ-मागावरून पडणारे पाणी वेगाने वहाते परंतु या वेगाने पूर्वी खुलासा केल्याप्रमाणे जास्त वेगाने खडकांच्या भेगांत पाणी शिरू नये आणि त्यामुळे त्यांचे मोठे ढलपे उचकटून जाऊ नयेत हा मुख्य उद्देश असतो. ज्याठिकाणी उत्प्लवमार्गास पाण्याच्या तीव्र गतीस तोंड द्यावे लागते तेथे जलद गतीमुळे पाण्यात दाब निर्माण होत असेल व परिणामी खडकातून खाली पाणी जात असेल आणि जर त्यामुळे तत्सम उत्क्षेप निर्माण होत असेल तर तो रोखण्या-इतकी फरशी वजनदार असण्याची साधारणतः शक्यता असत नाही. जर पाया मातीत असेल तर उत्क्षेपाच्या दाबाला तुल्यबल असा आधार प्राप्त होण्याकरिता व उचकटण्याची क्रिया रोखण्याकरिता स्थूणांचा उपयोग करण्यात येतो किंवा "पदकड योजना" या परिच्छेदांत वर्णन केल्याप्रमाणे जर पाया खडकावर आधारलेला असेल तर त्यांत ("अँकराईड") नांगरशलाकांचा उपयोग करण्यात येतो.

यावरून असे दिसून येईल की फरशीचे महत्त्व असमान अवस्थापन आणि भेगाळणे यांना तोंड देणे आणि अशा स्थितीतही ती कोरडी राहणे यात असते आणि तिची जाडी आणि वजन हे त्यामानाने कमी महत्त्वाचे असते. ती अर्थात क्षिजून जाणार नाही इतक्या जाडीची असली पाहिजे. तसेच जमिनीतील पाण्याचा दाब रोखून धरील इतकी जड असली पाहिजे. पण जर पुरेशी निसारण नाल्यांची तरतूद केली असेल तर तो दाब अगदीच किरकोळ असतो आणि अशा तऱ्हेचा प्रश्न जेथे निर्माण होतो तेथे पुढे खुलासा केल्याप्रमाणे नांगरशलाकांचा उपयोग करण्यात येतो.

प्रवणिका उत्प्लवमार्गाकरिता जागेवरील उल्लेखित अवस्थांशी लागू पडेल अशी काँक्रीटच्या फरशीची जाडी निश्चित करण्याची तर्कसंगत अशी पद्धत उपलब्ध नाही. खरे म्हणजे यासंबंधी प्रस्थापित असे पूर्वीचे एखादे उदाहरणही नाही. एकसारख्या अनेक उत्प्लव मार्गाकरिता अवलंबिलेल्या जाडीत फार फरक असतो आणि संकल्पचित्रकार आपल्या कल्पनेप्रमाणे ती जाडी ठेवतात. पुढे निवेदन केल्याप्रमाणे पायाशी फरशी जखडण्याकरता शलाकांचा वापर करून मुढा तिच्या स्वीकृत जाडीत योग्य असा फरक करण्याची जरूरी पडल्याचे दिसत नाही.

४ इंचापामून ५ फूटापर्यंत फरशीची जाडी ठेवण्यांत आली आहे. परंतु कोणत्याही परिस्थितींत खंड अगर समशितोष्ण हवामानांत तिची जाडी ४ इंच ठेवू नये अशी शिफारस आहे. जाडीतील हा फरक काही अंशी पायाच्या अवस्थांतील फरक आणि काही अंशी अभिकल्पकाच्या निरनिराळ्या कल्पनांमुळे पडतो.

उत्तरत्या फरशीची जाडी उताराच्या तळापेक्षा माथ्यावर कमी असते. खंडकाशी योग्य तऱ्हेने जखडलेली संपूर्ण सलोह काँक्रीटची फरशी, जेथे पाया असमान वारणशक्ति असलेल्या आणि किरकोळ दृढीकरण केलेल्या मातीचा असेल तेथल्या फरशीपेक्षा, कमी जाडीची असणे नकंदृष्ट्या योग्य होईल.

(उ) फरशीचे प्रबलीकरण :- ज्यावेळी फरशी खंडप्राय विभागलेली असते व उपपरिच्छेद (ऊ) व (ए) मध्ये वर्णन केल्याप्रमाणे ते खंड एकमेकापासून आकुंचन जोडांनी विलग केलेले असतात तेथे प्रबलीकरणाकरिता लागणाऱ्या लोखंडी सळ्यांच्या संगणवाकरिता गणितीय आधार नाही. या सळ्या फरशीच्या वरच्या थरात अंदाजी सरासरी एक टक्क्याच्या एक चतुर्थांश इतक्या वापरण्याची सर्वसाधारण प्रथा आहे. मध्येच जर एकादी भेग पडली तर फरशी वेगळी होऊ नये इतकी त्याची संख्या असावी आणि आकस्मिक खचलेल्या स्थानिक क्षेत्रावर छतासारखे काम देईल इतकी ताकद त्यात असावी.

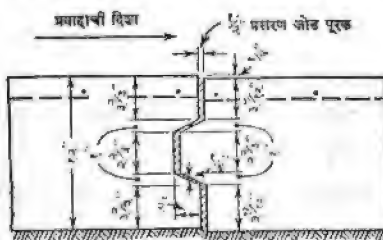
विशिष्ट परिस्थितीत काही संकल्पचित्रकार फरशीत आकुंचन जोड गाळणे व एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत ती सलोह करणे किंवा हे जोड तुलनेने जास्त दूर अंतरावर ठेवणे पसंत करतात. अशा उदाहरणांत किती सळ्या असाव्यात हे ठरविण्याची कसोटी ही असावी की प्रत्यास्थिती सीमेच्या वेळी असणारी त्या सळ्यांची एकंदर तणाव क्षमता काँक्रीटच्या कणन प्रतिबलाच्या वेळी त्यात निर्माण होणाऱ्या एकूण तणावक्षमतेपेक्षा जास्त असली पाहिजे. अशा तऱ्हेच्या बांधकामांत अडचण ही असते की काँक्रीटची एकूण तणावशक्ती अस्थिर आणि अज्ञात असते. साधारण प्रथा अशी आहे की काँक्रीटचे अंतिम संपीडक सामर्थ्य दर चौरस इंचास २५०० पौंड असताना दर चौ. इ. ५०००० अगर जास्त पौंड अशी उच्च प्रत्यास्थता असलेल्या एका टक्क्याच्या ५ अगर ६ दशांश इतक्या पोलादी सळ्या वापरण्यात येतात. म्हणजेच काँक्रीटची तणावशक्ति त्याच्या संपीडक सामर्थ्याच्या सुमारे एकदशांश असते. अशा तऱ्हेच्या बांधकामात काँक्रीटची किमान व कमाल शक्ति मर्यादित ठेवणे महत्वाचे असते.

(ऊ) खंडांचे आकार :- काँक्रीट मध्ये चिरा पडून नयत म्हणून काँक्रीटची फरशी सर्व वाजूस आकुंचन जोड ठेऊन काटकोन चौकोनी तुकड्यांच्या आकारांत

ओतावी. निरनिराळ्या ठिकाणी अशा तुकड्यांची लांबी—रूंदी २० फूटापासून ५० फूटापर्यंत सरासरी ३०' फूट अशी ठेवण्यात आली आहे. काँक्रीट काळजीपूर्वक मुरवावे व विभाग उ मध्ये उल्लेख केल्याप्रमाणे त्याचे प्रबलीकरण करण्यात यावे. अशा फरशांचा आकार ४० फूट ठेवल्यास भरपूर सुरक्षितता मिळू शकते.

(ए) जोड :-काँक्रीटमध्ये आरपार सळ्या न घालता सर्व बाजूने आकुंचन जोड ठेवणे आणि आकुंचन व प्रसरण क्रियेमुळे होणारी हालचाल विनाप्रतिबंध होईल अशा रीतीने सांध्यावर प्रक्रिया करून फरशी बांधण्याकडे आधुनिक पद्धतीचा कल आहे. कोणत्या प्रकारचा सांधा वापरावा हे जागेवरील परिस्थितीवर अवलंबून असते. आडव्या जोडाकरता (प्रवाहाच्या दिशेने काटकोन करणाऱ्या) पायाच्या उचकटण्यामुळे अगर दबण्यामुळे कोठल्याही खंडाचा प्रवाहाच्या उलट दिशेचा पृष्ठभाग त्याला लागून असलेल्या प्रवाहाच्या उलट दिशेच्या खंडाच्या पृष्ठभागावर प्रक्षेपित (Project) होता कामा नये हे आवश्यक असते. कारण त्यामुळे जोराने वाहणाऱ्या पाण्याचा आघात होण्यासारखा उभ्या दिशेने एक पृष्ठभाग निर्माण होतो आणि त्याचा परिणाम जोडामध्ये दाबशीर्ष उत्पन्न होते व ते फरशीच्या खालच्या बाजूवर पारेषित होऊन त्यामुळे उत्क्षेप निर्माण होतो.

याच्या उलट परिस्थिती असल्यास, (पहा आ. ४) म्हणजे प्रवाहाच्या दिशेच्या बाजूच्या खंडाचा पृष्ठभाग जोड्याच्या जागी जर प्रवाहाच्या बरच्या दिशेला असणाऱ्या खंडाच्या पृष्ठभागापेक्षा खाली असेल तर जोडामध्ये शोषण अगर ऋण दाब उत्पन्न होण्याचा संभव असतो आणि जर हा दाब फरशीच्या खालच्या बाजूस पारेषित केला गेला तर त्यामुळे फरशीच्या स्थिरता वाढ होते.

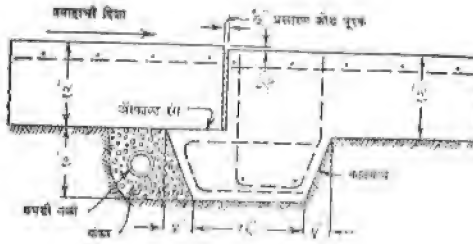


आ. ४ A या प्रकारचा अकुंचन जोड.

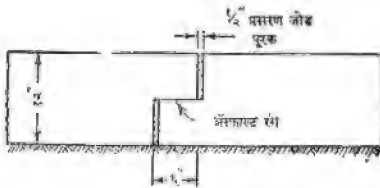
आ. ४ व ५ मध्ये दाखविलेल्या या सोपान प्रभावाचा (Step effect) आडव्या जोडा करता अलीकडे मानक प्रथा म्हणून उपयोग करण्यात येतो. कारण यामुळे बांधकाम करताना होणाऱ्या चुकांमुळे खचण्याच्या अगर उचकटण्याच्या क्रियेतील लहानसहान फरकांची काळजी घेता येते.

चांगल्या खडकाच्या पायावर, जेथे उच्चकटण्याचा असण स्वऱ्याचा संभव नसतो अशा ठिकाणी आ. ४ मध्ये दाखविलेल्या पद्धतीचे आडवे जोड वापरले जावेत. परंतु जर का पायासंबंधी काही संशय असेल अथवा पुढे वर्णन केल्याप्रमाणे काट-वांधाची जखरी लागणार असेल तर आ. ५ मध्ये दाखविलेला जोड पसंत केला जावा. या प्रकारात काटवांध अचिकट अनेकपैकी प्रवाहाच्या उलट दिशेच्या खडकाच्या पृष्ठभागा याच्यावर जवळचा तशीत खांद्याचा पाठभागा उच्चकटला जाणार नाही अशी खात्री असते.

आडव्या जोडांचे बाबतीत ते प्रवाहाच्या दिशेसो समांतर असल्याने उच्च वेगामुळे होणाऱ्या असमान अवस्थापत्तीची बाब तितकशी महत्वाची नसते आणि आ. ६ मध्ये दाखविलेला जोड वापरला तरी चालतो.



आ. ५. "B" प्रकाराचा आकुंचन जोड



आ. ६. "C" प्रकाराचा आकुंचन जोड

आहेत. अशा तऱ्हेच्या मेखा वापरताना प्रसरण व आकुंचनाच्या वेळी जोडाची अप्रतिबंध हालचाल व्हावी म्हणून त्या मेखावर अशा खांद्यांपैकी वुडलेल्या एका खांद्यात त्यांच्या सर्व लोंबोवर विशिष्ट त्रिया केली पाहिजे. जर चावीदार जोड वापरले तर सामान्यतः अशा तऱ्हेच्या मेखा अनावश्यक उपागे होतील असे वाटते.

चित्रात दाखविल्याप्रमाणे प्रसरण व आकुंचन पावू शकतील अशा "जोड पुरक" द्रव्याची तरतूद केली पाहिजे. याचे अनेक प्रकार बाजारांत मिळतात. पिलून बाहेर न

जाता आकुंचनाला तोंड देऊ शकतील इतके ते लवचिक असले पाहिजेत आणि नंतर होणाऱ्या प्रसरणासाठी त्यांनी प्रतिसाद दिला पाहिजे. बाण्याच्या इतक्या मूढे ते ओढातून निखळून बाहेर येणार नाहीत इतके बळकट असले पाहिजेत.

धरणांतील जोडांत कधीकधी बापरतात त्या प्रकारच्या धातूच्या अगर रबराच्या मोहोरपट्ट्या हे जोड पाणबंद व्हावेत म्हणून बापरण्यांत आल्या आहेत (अ. १ प्रकरण २३). अर्थात जर जोड अन्यप्रकारे जांगल्या तऱ्हेने केलेला असेल तर हा तपशील तितकासा खात्री लायक वाटत नाही.

(ऐ) काटबांध :- (चूट) प्रवणिका उतलवमार्गाकरिता तीन प्रकारचे काटबांध लागतात.

(१) भूमिगत निःसारण नाल्यावर प्रमाणाबाहेर दबाव पडेल इतका जल-शीर्षदाब फरशीच्या तळांत निर्माण होऊ नये म्हणून बरच्या टोकाशी एक काटबांध ठेवण्यात येतो. तिसऱ्या प्रकरणांत वर्णन केल्याप्रमाणे कुठल्याही माराशित बंधाऱ्यात बापरण्यांत येणाऱ्या प्रकारातून हा प्रकार भिन्न नाही.

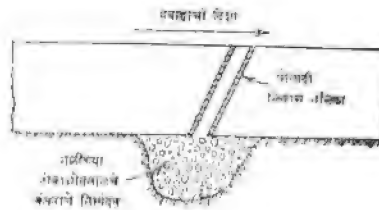
(२) जर शमन कुंडाची तरतूद केलेली नसेल तर फरशीच्या खालच्या टोकाशी एक काटबांध बांधण्यात येतो. त्यात फरशी खालच्या बाजूने निखळ नये (Under Cutting) म्हणून चारीत कांकीट भरून हा बांध बांधण्याची योजना करण्यात येते. अशा तऱ्हेचा काटबांध आ. १, b मध्ये दाखविलेला आहे. पायांतील परिस्थितीस अनुसरून अशा काटबांधाच्या खोलीत व जाडीत फरक केला जातो. याकरता रूढ असे दाखले उपलब्ध नाहीत. ही खोली काही थोड्या फुटापासून ते ७० फूटाइतकी जास्त ठेवण्यात आलेली आहे. मात्र अतिशय खोल काटबांध शक्यतो टाळावेत व याकरता फरशीची लांबी वाढवावी अगर शमनकुंडाची तरतूद करावी.

(३) जर हे फरशीचे खंड उतरते बांधले तर उष्णतेमधील फरकामुळे होणाऱ्या आकुंचन व प्रसरणामुळे त्यांची (खाली खाली) सरकण्याकडे प्रवृत्ति होते. म्हणून अशा परिस्थितीत हालचाल रोखण्याकरता व एका खंडापासून दुसऱ्या खंडाकडे फरशीच्या तळाच्या बाजूने प्रवाह वाहू नये म्हणून प्रत्येक खंडाच्या बरच्या टोकाशी एका काटबांधाची जरूरी असते. अर्थात पुढे उल्लेख केल्याप्रमाणे ज्या ठिकाणी कंकराच्या सलग थरावर फरशी आधारित केलेली असते तेथे असा काटबांध ठेवणे अत्यावश्यक असते. अशा प्रकारचा प्रातिनिधिक काटबांध

आ. ५ मध्ये दाखविल्या आहेत. खालच्या खंडावरवीर हा एकसंध बांधला जातो आणि धरपूर मलचा वापरून तो शक्कम केला जातो.

(बी) निःसारण (योजना):- मूत्रास्राव अथवा उत्पलवसाय वाहत असताना निर्माण होणारा उत्क्षेप श्रावविण्याकरिता फरशीच्या खाली निःसारण नाल्यांच्या तरतुदीची आवश्यकता असते. जर फरशी खडकावर आधारिलेली असेल तर तिच्या खाली चाऱ्या खणून त्यात तोंड कर मसून आणि कधीकधी या कंकरांमध्ये उघडी नाली मोकून सर्वसाधारण निःसारणाची योजना केलेली असते. अशा तऱ्हेच्या आडव्या निःसारण नाल्या सामान्यतः काढवांच्या अथवा प्रवाहाच्या धिरद्वी बाजूने ठेवण्यात येतात व त्या आ. ५ मध्ये दाखविल्या आहेत. अशा तऱ्हेच्या अनुदैर्घ्य नाल्यां (Longitudinal drains) चीही तरतुद करून फरशीच्या खाली नाल्यांचे एक जाळेच बनविले जाते. ज्या ठिकाणी खडकांतील भेगांमुळे शक्कम-काली शिरण्याची शक्यता दृग्गोचर होते. अशा भेगांच्या ठिकाणी कधीकधी निःसारण नाल्या ठेवणे श्रेयस्कर असते.

आ. ७ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे अंतरांतराने या निःसारण नाल्या फरशीमधून अलग केलेल्या असतात (Relieve) किंवा त्या एक असर अनेक प्रमुख नाल्यांना जोडण्यात येतात आणि त्यातील एकूण प्रवाह प्रवणिकेच्या (Chute) खालच्या टोकाशी असलेल्या बहिर्द्वाराकडे नेण्यात येतो.



ही दुसरी पद्धत काहींना पसंत पडते कारण फरशी खालून जाणाऱ्या लहान नालीत जनावरे, माळ जाऊन अगर इतर अडथळ्यांनी ती नाली बुजली जाण्याची शक्यता असते. जर या पहिल्या पद्धतीत व्यवितगत बहिर्द्वाराचा अंतर्भाव करावयाचा असेल तर फरशीच्या प्रत्येक खंडातील निःसारण नाल्या खालच्या पातळीवर असलेल्या खंडाच्या निःसारण नाल्यापासून संपूर्णतया अलग करणे इष्ट असते म्हणजे वरच्या पातळीवरील निःसारण नाल्यातून येणाऱ्या पाण्यामुळे खालच्या पातळीवर दाब निर्माण

होणार नाही. सर्व वहिर्द्वारांच्या नळ्यांना, ज्यांचे प्रकार आ. ७ मध्ये दाखविले आहेत, खालच्या दिशेने उतार देण्यात यावा म्हणजे प्रवणिकेमधून वेगाने वाहणाऱ्या पाण्यामुळे त्यांत घोषण निर्माण होण्याची शक्यता उत्पन्न होईल.

प्रमुख नाल्यांचा (अंतर्भाव असलेल्या) निःसारण योजनेत उत्क्षेप होण्याची शक्यता राहू नये म्हणून सर्व ठिकाणी वाहणाऱ्या संभवनीय अशा जास्तीत जास्त प्रस्नाववेळीही फक्त अंशतःच भरून वाहतोय अशा आकाराच्या नळ्यांची योजना करण्यांत यावी.

जर पायात कमी ताकतीचा खडक असेल अगर सच्छिद्र माती असेल तर संपूर्ण फरशीखाली कधीकधी ६ ते १२ इंच जाडीचा कंकराचा थर पसरलेला असतो आणि ठिकठिकाणी कवलाक नलिका अगर (गांध्या) नळ्या घालून तो थर योग्य प्रकारे अलग केला जातो. नळीमधून हा कंकर बाहेर अगर शोषून जाऊ नये म्हणून नळ्यांच्या तोंडाशी कंकरांचे अनुपातित (graded) निरग्रंदक अगर जाळी असविण्याची काळजी घेण्यांत यावी. ज्यावेळी अंचल (apron) वापरण्यांत येते तेव्हा कंकरात चुना पशिरू नये म्हणून त्यावर डांबरी कागद घालावा.

ज्यावेळी खडकांत आडवे थर असतात आणि अंचलाच्या खालील थरावर भूजलामुळे उत्क्षेप निर्माण होण्याची शक्यता असते आणि जेव्हा निःसारण नाल्याशी संबंध सुटतो तेव्हा अंतर्गत दाब नाहीस होण्याकरता निःसारण खंदकाच्या तळाशी निःसारण छिद्रे पाडण्यांत येतात.

(अ) पक्कड योजना Anchorage—खडकामध्ये मॉंके पाडून त्यात पोलादी मळ्या घालून माराभराई करून व त्यांचे काँक्रीटशी बंधन करून काँक्रीटच्या फरशीला पक्कड देण्यांत येते. अंतिम ताणाला तोंड देता येण्याकरता ह्या मळ्या किती खोल पाडण्यांत याव्या हे ठरविण्याकरिता चाचण्या घेण्यांत याव्यात. साधारणपणे खडकाच्या पायावर बांधलेल्या प्रवणिका उत्तलमार्गापैकी ५० टक्के मार्गावर पक्कड दिलेली असते अशा तऱ्हेची पक्कड ज्या ठिकाणी दिलेली असते तेथे १ चौ. इ. क्षेत्राच्या पक्कडीचा प्रभाव फरशीच्या सुमारे २० चौ. फू. पासून जवळ जवळ २०० चौरास फुटापर्यंतच्या क्षेत्रावर म्हणजेच सरासरी ८० चौ.फुटा वर पडतो. निःसारण नाल्यांनी नियंत्रित केलेल्या भूमिगत पाण्याची राशी फरशीवर

भूमिजल उत्क्षेप निर्माण होईल इतकी असते तेव्हा अशा तऱ्हेच्या पक्कडीची तरतूद करणे इष्ट असते.

(क) खोदाईतील उतार:- प्रवणिका उत्प्लव मार्गाकरिता ठेविलेले आणि त्याच्या बांधकामावरील उतार निःसंशय अगदी सौम्य स्वरूपाचे असले पाहिजेत. असे कोणतेही बांधकाम नसते की जे या बाबीवर अधिकतर अवलंबून असते कारण ज्याने पुराच्या वेळी फरशीला काहीही नुकसान पोहोचिले अशा कोणत्याही घसरणामुळे धोकादायक परिस्थिती निर्माण होते.

(ख) प्रवणिका उत्प्लवांचे द्रवगतिशास्त्र:-११ व्या प्रकरणांत ३ व्या अनुच्छेदात मानक माथ्याच्या उत्प्लव मार्गावरील प्रस्त्रावाच्या उपपत्तीचा समावेश करण्यात आला आहे. जेथे सपाट माथ्याच्या उत्प्लवमार्गाचा उपयोग करण्यात येतो तेथे प्रस्त्राव राशी—

$$Q = 3.76 LH^{3/2} \text{ या सूत्राने गणिली जाते.}$$

जेथे

Q = से. फुटात प्रस्त्राव.

L = टोकाच्या आकुंचनामुळे होणाऱ्या घटीकरिता काही फरक करणे जरूर असल्यास तो कडून आलेल्या उत्प्लव मार्गाची लांबी—फुटामध्ये.

H = (उत्प्लवाच्या) माथ्यावरील जलशीर्ष—फुटामध्ये. हे जलाशयातील पाण्याच्या पातळीपर्यंत मोजण्यांत येते आणि यातून जलाशय आणि माथा यांच्यामधील घर्षणामुळे होणारी हानी कमी केलेली असते.

मानक उत्प्लवमार्गाच्या अनुप्रवाही दिशेकडील (Down Stream) चवड्या-जवळ असलेल्या पाण्याच्या खोलीसंबंधी माहिती प्रकरण ३, अ. २८ मध्ये दिलेली आहे. सपाट माथ्याच्या उत्प्लवमार्गाच्या खालच्या बाजूची खोली ही $\frac{2}{3}H$ इतकी असते. मानक उत्प्लवमार्गावरील वाहणाऱ्या प्रवाहाची खोली क्रांतिक खोली पेक्षा बरोच कमी असते; परंतु सपाट माथ्याच्या उत्प्लवमार्गावरील खोली अगदी क्रांतिक खोलीइतकीच असते. या दोन्हीही उत्प्लवमार्गांत संपिलेला प्रवाह निर्माण होऊ नये म्हणून क्रांतिक खोलीच्या जरा कमी इतक्या खोलीवरून प्रस्त्राव वाहून जाईल इतका प्रवणिकेच्या माथ्याच्या खोलीला डाळ देण्यात यावा. क्रांतिक खोलीपेक्षा कमी खोल वाहणाऱ्या फ्ल्यूम्स (Flumes) करिता कराव्या लागणाऱ्या परिगणनेतून पुढील द्रवगति शास्त्रीय परिगणना भिन्न नसतात. परंतु जेथे प्रवाहाची गति फार नसते तेथे प्रवणिकेमधील उभे वक्र

प्रवाहाच्या उत्क्षेपवक्रात सामावून जातील याची मात्र खात्री करून घेतली पाहिजे म्हणजे वाहणाच्या प्रवाहपटलाची खालची बाजू फरशीपासून विलग होणार नाही आणि निर्वात स्थिती निर्माण होणार नाही.

(ग) द्रवगतिशास्त्रीय प्रतिमानचित्रांची चांचणी— कार्यक्षम स्थापत्यविशारदा-कडून द्रवगतिशास्त्रीय अभ्यासात योग्य काळजी जेथे घेतलेली असते आणि विशेषतः जेथे जलगतिशास्त्रीय गुणांक वापरण्याकरिता पूर्वीचा दाखला उपलब्ध असून त्याप्रमाणे माथ्याचा आकार आणि इतर असे टक्कलेली असतील तेथे द्रवगतिशास्त्रीय प्रतिमान चित्रांच्याद्वारे चांचणी करण्याची गरज नाही नसते. परन्तु जेथे अभाधारण परिस्थिती असते आणि जेथे जेथे प्रवणिकेमध्ये ब्राक दिलेला असतो तेथे प्रतिमानचित्रांचे योग्य चांचणी करण्यात यावी.

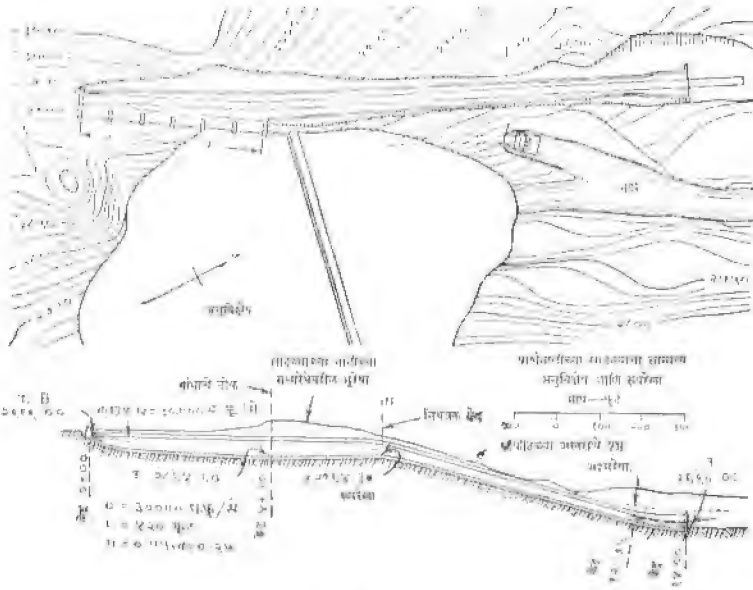
२. पार्श्वपात्री सांडवे—

(अ) या प्रकारच्या सांडव्यांचे वर्णन— आ. ८ मध्ये दाखविलेल्या सामान्य प्रकारच्या बांधकामांना पार्श्वपात्री सांडवा ही संज्ञा वापरण्यात येते त्याच विभेदक वैशिष्ट्य हे असते की पाण्याचा प्रवाह (सांडव्याच्या) माथ्यावरून अगर ओळी वरून वाहिल्यानंतर माथ्याशी समांतर असा नालीतून वाहत जातो. असेंद दाखोतील मातीच्या अगर अरमस्थापित धरणामध्ये हा प्रकार सोयीचा असतो. तसेच प्रत्यक्ष उत्प्रवाह जेथे इष्ट नसतो आणि जेथे प्रवणिका सांडव्याच्या माथ्यापाशी लागणाऱ्या लांबीकरिता पुरेशी जागा उपलब्ध नसते तेथे हा प्रकार उपयुक्त ठरतो. 'वॉशिंग्टन' संस्थानातील मातीच्या बांधिलेल्या टायटन सांडव्यावरून आ. ८ काढलेली आहे.

(आ) जलगतिशास्त्रीय उपपत्ति— व्याक्षणी माथ्यावरून वाहणाऱ्या पाण्याचा काही भाग नाल्यात आधीच असलेल्या पाण्याच्या मुख्य प्रवाहात मिळतो त्याक्षणी (त्या प्रवाहाला) बऱ्याच प्रमाणात खालच्या दिशेकडेच आडव्या दिशेने गति प्राप्त झालेली असते. या गतीची नालीच्या बाजूने पाणी वाहून नेण्यास मुळीच मदत होत नाही.

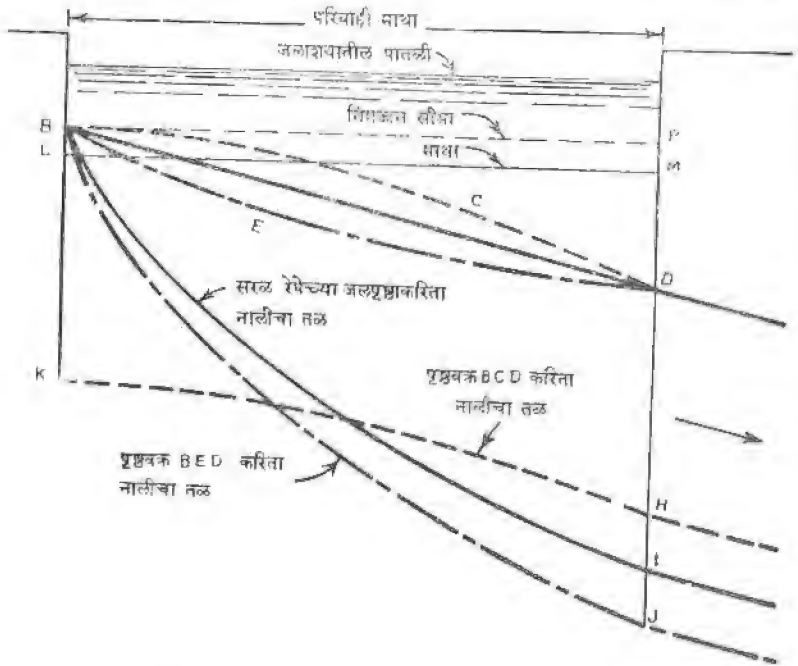
नाल्यातील प्रवाहात जावेळी आत येणारे पाण्याचे विहू मिसळतात त्यावेळी तेथे अक्षीय गति निर्माण होते. पृष्ठभागावरील दाबातून त्वरकशक्ति प्राप्त होते. सांडव चॅनेल सांडव्याच्या मध्यरेषेतून घेतलेला छेद आ. ९ मध्ये रेखाकृतीने

तळटीप— १ जलियन हाईड्रस “सार्शंड चॅनेल रिप्लेज”, ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड ८९, १९२६, पृ. ८८१. (याच लेखातून ९ ते १४ या आकृत्या घेतल्या आहेत.)



आ. ८

दामबिला आहे. नालीच्या वरच्या टोकाची असलेल्या B या बिंदूपासून माथ्याच्या अनुप्रवाही (Down Stream) टोकाच्या समोरच्या D या बिंदूपर्यंत काही एका वाकणाल पटल खाली पडत असते. B व D या बिंदूमधल्या (अंतरातील) प्रतिरोध नादीसे करण्याकरिता लागणारी शक्ति निर्माण करण्यास नालीतून वाहणाऱ्या पाण्याच्या कणकण कारणीभूत होतो आणि ही शक्ति पाणी ज्या खोलीवरून पडते तिच्यावरून परिणामस्वरूप प्रतिबिंबित होते. किंवा D या बिंदूत पाण्याच्या कण जेथे शिरकाव करतो त्या बिंदूपर्यंतच्या पातावरून प्रति बिंबित होते. म्हणजेच B पासो शिरणाच्या पाण्याचे परिणामी पतन P D इतके होते. या उलट D पासो शिरणाच्या कणाला परिणामी पतन मुळीच नसते. D या बिंदूपर्यंत कामात आणलेली एकूण शक्ति एकूण बिंदूच्या पतनाच्या सरासरी पतनावरून पडणाऱ्या सर्वच्यासर्व प्रवाहातून निर्माण होणाऱ्या शक्ति इतकी असते. जर B पासून D पर्यंतचे पृष्ठतल वक्र सरळ रेषेत असेल आणि जर माथ्यावरील दरफुटी अंतर्वाह एक सारखा असला तर सरासरी पतन एकूण P D या पतनाच्या एकद्वितियांश असते. जर या वक्राचा वहिर्गोल BCD सारखा उर्ध्वदिशेने असेल तर सरासरी पतन (Fall) अर्ध्या PD पेक्षा जास्त असते आणि जर हा वक्र अंतर्गोल असेल तर हे प्रमाण अर्ध्या PD पेक्षा कमी असते.



आ. १ पृष्ठतल वक्राच्या आकाराचा परिणाम

(इ) जलगतिशास्त्रविषयक सूत्रे -

१) सामान्य विचार - ID या विदूपाशी गतिशील निर्माण होण्याकरिता मरासरी पतनाचा फक्त काही भागच उपलब्ध असतो. उरलेला भाग प्रतिरोध दूर करण्यातच खर्च होतो. अंतर्वाही नालीत व आधीच असलेल्या पाण्याच्या अधीय सापेक्ष गतीचे समानीकरण करण्यामुळे निर्माण होणारा प्रतिरोध साईड बनेल सांडव्याच्या प्रारंभापासून अखेरपर्यंतच्या माथ्याच्या प्रत्येक बिंदूत असतो. या प्रतिरोधाचा "जडवा प्रतिरोध" असे संबोधण्यात येते. अशा ठिकाणी प्रवाह निश्चित करण्याकरिता प्रत्येक छोट्या आटोक्याच्या शेवटचा संवेग त्या आटोक्याच्या सुरवातीचा संवेग आणि एखाद्या बाहेरील शक्तीच्यामुळे होणारी त्यातील वाढ यांच्या बेरजेइतका अभाव लागतो. "बाहेरील शक्ती" मध्ये अंतर्गत शक्ति, गुरुत्वाकर्षण आणि घर्षण यांचा समावेश होतो. घर्षणामुळे होणारे प्रतिरोध तुलनेने अल्प असतात आणि त्यांचेकडे लक्ष दिले नाही तरी चालते अगर इतर अस्थिर प्रवाहमोजण्याच्या पद्धतींनी त्यांचे अंदाज घेता येतात.

संपूर्णरहित नालीकरिता असे दाखविता येईल की पाण्याच्या पृष्ठभागाच्या वक्राची आ. ९ मधील B P या रेषेपासून खालील दिशेने मोजलेला सैद्धांतिक काढी (oriddate) " Y " खालील सूत्राने मिळतो.

$$Y = \frac{1}{g} \int_0^x \left(V \frac{dV}{dx} + \frac{q}{Q} V^2 \right) dx \quad (9)$$

यात V = पाण्याच्या विदूची नालीच्या दिशेने सरासरी गति

q = एकांची अंतरातील अंतर्वाह

Q = Y यी संवादी असा एका विदूजवळचा एकूण प्रवाह-

सर्वेसाधारणांच्या प्रस्तांचे बाबतीत विचाराधीन दिशेच्या बाजूच्या नवे कणांच्या वेगांच्या अंकगणितीय अगर वीजगणितीय सरासरीला "सरासरी वेग" असे म्हणतात. नाल्याच्या अपूर्ण काटछेदात एकसारखा वेग असल्याशिवाय (अशी परिस्थिती कधीच उपलब्ध नसते). सरासरी वेग आणि मध्यमान (Mean) वेग एकच असत नाहीत. सरासरी वेग हा प्रस्त्रावाला क्षेत्रफळाने भागून काढला जातो. सांडव्ह चॅनेल पद्धतीच्या सांडव्याच्या बाबतीत वेगाचे वाटप अकल्पितपणे अनियमित असते. परंतु संगणनास सांगे जावं म्हणून मध्यमान वेग सामान्यपणे वापरण्यात येतो. परिणामी अनुक्ता ही प्रप्रवाह प्रस्तांच्या अनुक्तांच्या बाबतीत साधारण प्रमाणाइतकी सुसंगत आहे असे समजण्यात यावं. जर Q आणि V चे x यी संबंध एखाद्या दिलेल्या बाबोकरिता माहीत असले तर समीकरण क्रमांक १ चे समाकलन करता येते व पृष्ठभागावरील वक्राचा आकार निश्चित करता येतो. हे संबंध नाल्याच्या आकार व मापावर अवलंबून असतात आणि जर त्या नालीची सांगे जावं म्हणून मुद्दाम रचना केली नसेल तर ते वीजगणितीय पद्धतीने गुंतागुंतीचे होतात.

(२) सोपा असा नवीन अभिकल्प

अनिबंधपणे नवीन अभिकल्प तयार करतांना Q, V, आणि x यांचे स्वेच्छेनुसार सुलभसंबंध प्रस्थापित करून संगणन करणे सोयीचे होते आणि त्याला अनुसृत असा नव्हेत संचना प्रमाणित करण्यात येते. अभिकल्पाकरिता सांडव्याच्या माथ्याच्या दर फुटाला अंतःप्रवाह सामान्यपणे एकसारखा असेल तर (सांडव्याच्या) माथ्याच्या वरच्या टोकापासून x या अंतरावरील छेदाजवळचा एकंदर प्रसाव खालील स्वरूपाचे समीकरण वापरून काढता येईल.

तळटीप-१ जुलियन हाईड्स, "साईड चॅनेल रिप्लेज", टॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड ८०, १९२६, पृ. ८८१ (वाच लेखातून ९ ते १४ या आकृत्या घेतल्या आहेत.)

$$Q = qA \quad (२)$$

$Q =$ (विशिष्ट) विहूजवळील एकूण प्रवाह

$q =$ माथ्याच्या दर फटातून वाहणारा अंतःप्रवाह.

गति आणि अंतर यांचे संबंध दाखविण्याकरिता घातीय प्रकारचे समीकरण वापरणे सोयीचे असल्याचे आढळून येईल आणि स्थिरांकाची योग्य प्रकारे निवड करून साधारणे आवश्यकतेनुसार उपयोगी पडतील अशा पुरेशा व्यापक परिस्थितीला लागू पडेल असे समीकरण तयार करता येईल. खाली अशा प्रकारचे समीकरण सुचविले आहे.

$$V = ax^n \quad (३)$$

a, n हे स्वच्छंदपणे ठरविलेले स्थिरांक असतात. V आणि x हे अनुक्रमे सरासरी वेग व (सांडव्याच्या) माथ्याच्या वरच्या टोकापासूनचे अंतर दर्शवितात. समीकरण १ मध्ये V आणि Q करता या सूत्रांचा उपयोग करून समाकलन करून आणि लघुकरण करून खालील समीकरण प्राप्त होते.

$$y = \frac{a^2(n+1)}{2gn} x^{2n} \quad (४)$$

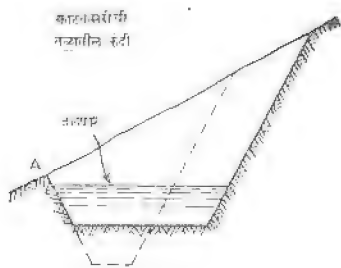
$a^2x^{2n} = V^2 = 2gh_v$ हे लक्षात घेऊन समीकरण क्रमांक ४ खालीलप्रमाणे सोप्या रीतीने मांडता येईल.

$$y = \frac{n+1}{n} h_v \quad (५)$$

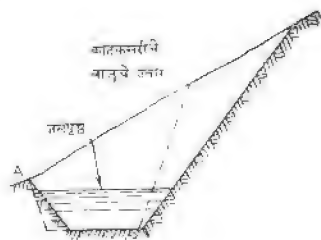
h_v हे सैद्धांतिक वेगशीर्ष असते.

(ई) नवीन अभिकल्पांतील काटकसरीचे घटक

जर सांडव्याच्या नालीच्या काटछेदाचा आकार a आणि n यांची मूल्ये निवडण्यांत आली तर समीकरण २ ते ५ यांचा वापर करून सांडव्याची नाली संपूर्णपणे निश्चित करता येते. या घटकांची योग्य निवड ही काटकसरीच्या विचारावर नियंत्रित असते. साधारण खड्या अशा टेकडीच्या बाजूवरील सम-लंबाकार नाली पुरतीच ही चर्चा मर्यादित करण्यांत येईल कारण हा सामान्य प्रकार असतो. अन्य प्रकारच्या परिस्थितीशी जुळवण्याकरता या निष्कर्षात परिवर्तन करता येईल. आ-१० व ११ मध्ये नालीच्या आकाराचा खोदकामाच्या राशीवर होणाऱ्या परिणामाचे चित्रण केले आहे. नाली मूळच्या थरावर योग्य प्रकारे आधारित करणे सुरक्षिततेच्या दृष्टीने आवश्यक असते.



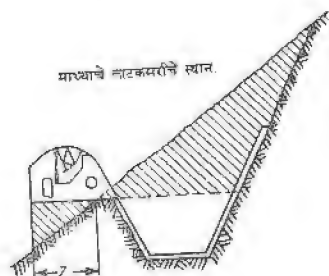
आ. १०



आ. ११

जलपृष्ठाची पातळी, नालीच्या बाजूचे ढाळ, जलमसपादवांचे (water prism) क्षेत्रफळ आणि (शैल) दृश्यांशांच्या विदूचे स्थान निश्चित केले तर आ. १० व ११ बरून हे उघड होते की, जर तळ अरुंद असला व बाजूचा ढाळ खडा असला तर तळाचे खोदकाम कमी होते. व्यवहार्य अशी कमीतकमी रुंदी खोदकामाच्या यंत्र सामुग्रीवर अवलंबून असते. बाजूचे उतार जास्तीत जास्त खडे पण तेथील द्रव्य सुरक्षितपणे (उतारावर) राहिल अशा तऱ्हेने नीटनेटके करण्यांत यावेत.

सांडव्याच्या नालीला कॉन्क्रीटचे अस्तर देणे सामान्यतः जरूरीचे असते. अशा अस्तराला लागणारा खर्च हा एक महत्वाचा भाग असतो आणि जेव्हा (नालिच्या) तळाची रुंदी तिची भिजलेली परिमिति कमीतकमी असेल अशी असते तेव्हा तो खर्च किमान असतो.



आ. १२

आ. १० व ११ मध्ये माथ्याच्या अनुप्रवाही दिशेकडील नालिचा भाग दर्शविला आहे. परंतु माथ्याच्या अपरप्रवाही बाजूच्या बांधकामाला सुद्धा तेच तत्व लागू पडते.

पिपाच्या आकाराच्या फिरत्या माथ्याकरता एका जादा घटकाचा अंतर्भाव करावा लागतो. कारण हा माथा सावरून धरण्याकरता तो कॉन्क्रीटच्या

पायावर आधारवा लागतो. याकरता लागणारे कॉन्क्रीट कमी करण्याकरता ही

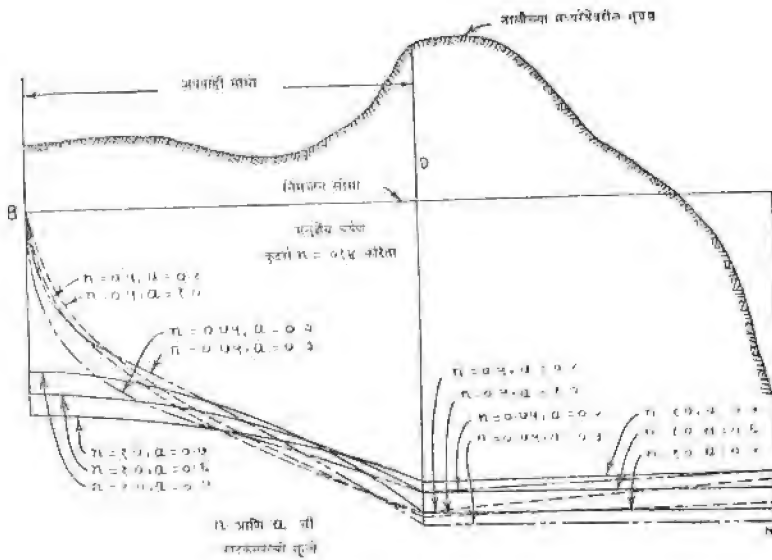
नाली काही अंतरापर्यंत टेकडीच्या आंत खोदणे फायदेशीर असते असे विसृत येईल. आ. -१२ मध्ये Z हे अंतर चाचणी करून अशा तऱ्हेने निवडलेले आहे की काँक्रीटचा रेखाच्छादित भाग व खोदकामाचा रेखाच्छादित भाग या दोन्हीचा मिळून खर्च कमीतकमी येईल.

(उ) a व n यांची परिक्षणात्मक मूल्ये

(१) सर्वसाधारण संबंध :-

नालीचा काटछेद निवडल्यावर a आणि n च्या मूल्यांनी तिची रूपरेषा निश्चित केली जाते B पासून D पर्यंत पाण्याच्या पृष्ठभागाचे एक विशिष्ट पतन गृहीत धरून n मध्ये फरक केल्यास होणारा परिणाम आ. ९ मध्ये आरेखित केला आहे. जर $n = 0.5$ असेल तर पृष्ठवक्र सरळ असते आणि नालीचा तळ BI च्या रेपेसारखा एकादा मार्ग अनुसरतो. जर $n = 0.5$ पेक्षा जास्त असेल तर पाण्याचा पृष्ठभाग वक्र BCD प्रमाणे उर्ध्वदिशेने वढिगोल असतो. जर $n = 1$ इतका अगदी बरोबर असेल तर BCD परवलय (Parabola) असतो आणि त्याचा तळ KH प्रमाणे समांतर वक्र असतो. जर $n = 0.5$ व यांच्या दरम्यान असेल तर तळरेषा B पासून मुरु होईल. जर n एकापेक्षा जास्त असेल तर तळरेषा सैद्धांतिकरित्या नालीच्या वरच्या टोकाशी अनंत खोलीपर्यंत पतित होईल आणि नंतर KH या रेपेपर्यंत साधारणपणे जलद वर जाईल आणि ती H पर्यंत पोहोचावयाच्या आधी KH या रेपेला छेदील. आ. ८ मधील सांडव्वाकरता a आणि n यांच्यात फेरफार करण्याचा रूपरेखेवरील परिणाम आ. १३ त दाखविला आहे.

जास्तीत जास्त काटकसर करण्याच्या दृष्टीने a आणि n ची अंतिम निवड (तेथील) प्रदेशरूपरेखेवर अवलंबून असते आणि अशी निवड निरनिराळ्या अंदाजांचे परिक्षण करूनच करता येते. n चे मूल्य a पेक्षा कमी बदलणारे असते म्हणून n चे परिक्षणात्मक मूल्य प्रथम सामान्यपणे गृहीत धरण्यात येते. नंतर a चे त्याला जुळणारे जास्तीत जास्त योग्य मूल्य काढण्यात येते आणि अशा तऱ्हेने ही क्रिया या दोघांचा सर्वात उत्तम संयोग प्राप्त होईपर्यंत पुनः पुनः करण्यात येते. या वारंवार करण्यात येणाऱ्या चाचण्यांची संख्या प्रारंभिक गणितीय अभ्यासाने कमी करता येते.



आ. १३

(२) गणितीय अदमास—

मांडण्याच्या माथ्यावर एखाद्या बिजिष्ट अशा एकाच बिंदूपाशी, जेव्हा

$$h_c = \frac{nA}{n+1} \frac{A}{2T} \quad \text{असते} \quad (६)$$

जेव्हा $d + y$ हे कमीत कमी असतात हे दाखविता येते. जेथे A हे क्षेत्रफळ असते आणि T ही त्या बिंदूपाशी पाण्याच्या समपादवांची (Prism) वरची रुंदी असते; किंवा सूत्र ५ मध्ये बदल करून

$$y = \frac{A}{2T} \quad (७)$$

असे सूत्र मांडता येते. a अगर n च्या मूल्याची निवड केल्यावर एखाद्या बिजिष्ट बिंदूपाशी जास्तीत जास्त काटकसर करता येण्याकरिता दुसऱ्याचे तत्सम मूल्य या सूत्रातून काढता येते. समलंबी तारुच्या बाबतीत (आणि हा आकार सर्वसामान्य आहे) सर्वसाधारण समीकरणातील दीर्घग-तीय संमिश्रतेमुळे चाचणी पद्धती सर्वात उत्तम ठरते. प्रथम नालीची खोली

गृहीत धरावी. A आणि T संगणित करावे आणि समीकरण (६) वरून n च्या विशिष्ट मूल्याकरिता) $h\nu$ काढावा.

$$\text{तंतर} \quad Q' = A\sqrt{2hg_s} \quad (८)$$

या समीकरणावरून तत्सम प्रस्थाव संगणित करावा. जर पाहिजे असल्यास प्रस्थावा इतका Q असला तर परिक्षणीय खोली बरोबर आहे असे समजावे नाहीतर नवीन वाचणी करावी. अशा तऱ्हेने V, x आणि n नक्की केल्यावर समीकरण ३ वरून a चे तत्सम मूल्य संगणित करण्यात येते. अशा तऱ्हेची a आणि n ची मूल्ये एकाद्या विशिष्ट अशा एकाच विदूपाशी केलेल्या संगणनावर आधारलेली असतात. एकूण साध्याच्याकरिता म्हणून ही सर्वांत उत्तम मूल्ये असतातच असे नाही. परंतु जर ज्या विदू करिता ती संगणित केली आहेत ती योग्य प्रकारे निवडली असला तर विभाग (ऊ) मध्ये करण्यात येणाऱ्या तर्जनील तुलनात्मक अंदाजाकरिता जी परिक्षणात्मक मूल्ये निवडावी लागतात त्याकरिता त्यांची मदत होईल.

गुरुक्षितेकरिता धरणाच्या टोकाच्या समोरच्या काठाच्या बांधाज आत ही नाली नामान्यपणे खोदली पाहिजे. म्हणून आ. १३ मध्ये D या विदूजवळच्या माथ्याच्या खालच्या टोकापाशी घरेच खोलपर्यंत खोदकाम करावे लागते. परिणामतः प्राथमिक समीकरणे ६, ७ व ८ यांचा उपयोग करण्याकरिता हा एक संभाव्य विदू निर्माण होतो. परंतु इतर नियंत्रण विदूकरिता मात्र परिक्षणात्मक अंदाजावरून चाचणी करावी लागेल.

(ऊ) जलविषयक नियंत्रण विदू—

सामान्यतः आ. १३ तील D च्या जवळची आराखडा तयार करून निर्धारित केलेली खोली क्रानिक खोलीपेक्षा जास्त असते. अशी खोली जलविषयक गुरुजेवर आधारित केलेली नवून ती पूर्वी खुदासा केल्याप्रमाणे कमीत कमी खुदाई होईल अशा तऱ्हेने निवडलेली असते आणि याकरिता आ. ८ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे D पासून N या संपूर्ण खोल खोदकामातील तळाची खोली शक्य तितकी वर ठेवणे अवश्य असते हे उघड आहे. N पाची खोली क्रानिक करून आणि D पाशी जरूर तितकीच खोली राहील अशी N या विदूपाशी तळाच्या पातळीची निवड करून हे साध्य करण्यात येते. N पाशी ही पातळी जरी जास्त खोल असली तरी जलविषयक क्रियेत अडथळा येणार नाही परंतु त्यामुळे निरर्थक खोदकाम करावे लागेल.

कानिक सोलीच्या विदूला जलविषयक नियंत्रक म्हणतात. याकडिता आ. ८ मध्ये N पेथे दाखवल्याप्रमाणे नाली जमिनीच्या आत राहण्याकडिता जेथून डाळ खडा करता येईल अशा विदूजवळची जागा ही सर्वोत्कृष्ट होय. अर्थात विशिष्ट परिस्थितीत अन्य जागा शोधावी लागेल. उदाहरणार्थ आ. १५ तील बोलंडरडंमच्या सांडव्याने वाढतीत भाड्याच्या टोकापासून लगेच खालच्या बाजूस हा नियंत्रणविदू आहे.

निबंधक विदूजवळचा फाट कानिकांमधील जवळ असल्या पाहिजे आणि तेव्हा

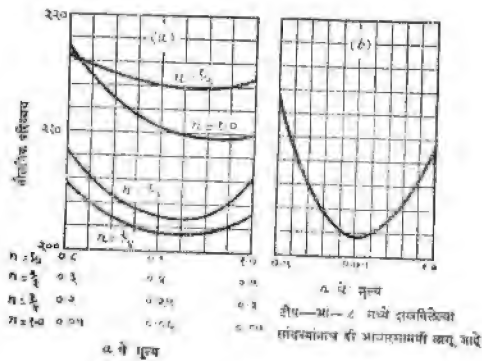
$$h_v = \frac{4}{2T} \quad (९)$$

असे तेव्हा हे घडून येते. यातील लुणा मूत्र ६ प्रमाणेच आहेत. नियंत्रण विदूजवळील खालच्या डाळाची पातळी अशी असली पाहिजे की (खाली आणि वेगशीर्ष यांच्यात खालच्या डाळाची पातळी मिळवून प्राप्त केलेला) उर्जाडाळ हा माथ्याच्या खालच्या बाजूच्या टोकाच्या जवळच्या उर्जेतून वाढत होणारी हानि बळा करून जी बाकी राहिल निःश्यासतका असेल. असा तऱ्हेने नियंत्रण स्थापित केल्यावर जलविषयक संगणन पूर्ण करण्यांत यावे व रुपरेखा आरेखित करावी.

(ए) तुलनात्मक अंदाज —

तळाची रुपरेखा पुरी हातांच साडव्याच्या माथ्याच्या अनेक काढेदेवाकरता आ. १२ मधील तत्वे लागू करावीत आणि त्यातून निरूपित होणाऱ्या नालीचे जागेच्या प्रदेशवर्णनात्मक नकाशावर आरेखन करावे. नंतर आ. १४ मधील डाव्या बाजूच्या विभागातील अनेक वक्रांपैकी एकावर एक विदू (a) प्राप्त करता येईल अशा तऱ्हेने साडव्याच्या खर्चाचे अंदाजपत्रक तयार करावे. a ची आणखी जास्त चाचणीमध्ये गृहीत धरून आणि खर्चाची आणखी अंदाजपत्रके तयार करून अनेक विदूंचे संगणन करावे आणि त्यावरून आ. १४ a मधील वक्रांपैकी एक वक्र आरेखित करावा. n च्या चाचणी मूल्याचा बरोबर उपयोग करण्याकरता a चे बिनचूक मूल्य या वक्राच्या सर्वात खालच्या विदूवरून प्राप्त करता येईल. नंतर n चे नवे मूल्य गृहीत धरावे आणि अशी क्रिया वारंवार करावी व रेखाकृतीत दाखविल्याप्रमाणे अशा तऱ्हेने अन्य वक्र आरेखित करावे की a आणि n यांची सर्वात

मोयीस्कर जोडी मिळाली हे स्पष्ट व्हावे. आ. १४ b मधील वक्र आ. १४ a मधील प्रत्येक वक्रांतील सगळ्यांत तळांतील बिंदू n च्या तत्सम मूल्यांशी आरेखित करून काढण्यांत आला आहे.



आ. १४ काटकसरीचे खर्चाचे वक्र

दिलेल्या उदाहरणावरून असे दिसून येईल की, n चे सर्वोत्कृष्ट मूल्य ०.७५ अमुन तत्सम a चे अंदाजी मूल्य ०.२५ आहे.

(ऐ) माथ्याचे निमज्जन :-

आकृती ९ आणि १३ मधील B पाशी प्रस्नावात मोठ्या प्रमाणात घट न येता पाण्याच्या खाली किती प्रमाणात बांध ठेवता येईल हे खर्चात होणाऱ्या बचतीच्या दृष्टीने महत्वाचे असते. आ. ९ वरून हे उघड होईल की, B P या अनुज्ञेय निमज्जन रेषेपासून खालच्या बाजूकडे (d + y) मोजून तळातील तपरेखा प्राप्त केलेली आहे. प्र. ११ च्या अ. ३ (m) मध्ये निमज्जनाचा प्रस्नावार होणाऱ्या परिणामासंबंधी उदाहरण करवात आला आहे. बऱ्याच खोलीपर्यंत निमज्जनाने प्रस्नाव फक्त अगदी हळूहळू कमी होतो आणि B या बिंदूपासून खालच्या बाजूकडे पुच्छजलाची खोली कमी होते. एकंदर प्रस्नावत गंभीर घट न होता जलशीर्षाच्या ३ अगर् ३ पर्यंत B पाशी माथा बुडविता येतो. अशा अर्धवट निमज्जित परिस्थितीत सूत्र ६ आणि ७ अगदी काटेकोरपणे वापरण्यात येत नाहीत, कारण (अशा स्थितीत) अंतःप्रवाह अस्थिर असतो. अर्थात कोणत्याही सामान्य परिस्थितीत ही (सूत्रे) पुरेशा विनचूकपणे लागू होतात आणि त्यातील निष्कर्ष पुढे देण्यांत येणाऱ्या पद्धतीने तपासण्यात येतात. काही वेळा सारी निमज्जन गृहीत धरणे इष्ट असते व त्याकरिता

प्रवाहातील आलेल्या वटीची भरपाई करण्याकरिता उत्पलवनालीची खोली वाढवावी लागते. ही प्रक्रिया कोठपर्यंत चालू ठेवावयाची ती सीमा चाचणी-अंदाजावरून निश्चित करता येते.

(ओ) (पाण्याचा) फूग (Swell) आणि विक्षुब्धपणाकरिता (Turbulence) तरतूद :-

नालीच्या काठावरून अगर अस्तराच्या माथ्यावरून पाणी पडू नये म्हणून जरूर अस्तराच्या मुक्त बांधाचा अंदाज करावा लागतो. वेगांच्या विषम वाद्यामुळे आणि (नालीत) पडणाऱ्या पाण्यामुळे आत ओढून घेतलेली हवा कांडली गेल्यामुळे निर्माण होणारा विक्षुब्धपणा आणि फूग याकरिता तरतूद करावी लागते. फूग किती पेटेल याबाबतची संख्यात्मक माहिती दुर्मिळ असते. आ. ८ मधील सांडव्याच्या लहान आकाराच्या प्रतिमांवर हाईडस यांनी जे प्रयोग केले त्यावरून असे दिसून आले की ही फूग ० ते १० टक्के म्हणजे सरासरीने ४ टक्के येते. या फुगीशिवाय नालीच्या बाहेरच्या बांधावर आडव्या प्रवाहामुळे तरंग (Surge) निर्माण होतो. आ. ८ मधील सांडव्याचे बाबतीत हे परिणाम महत्वाचे नव्हते, कारण नालीच्या पाठीमागची उंची सर्व ठिकाणी जरूरीपेक्षा जास्त होती.

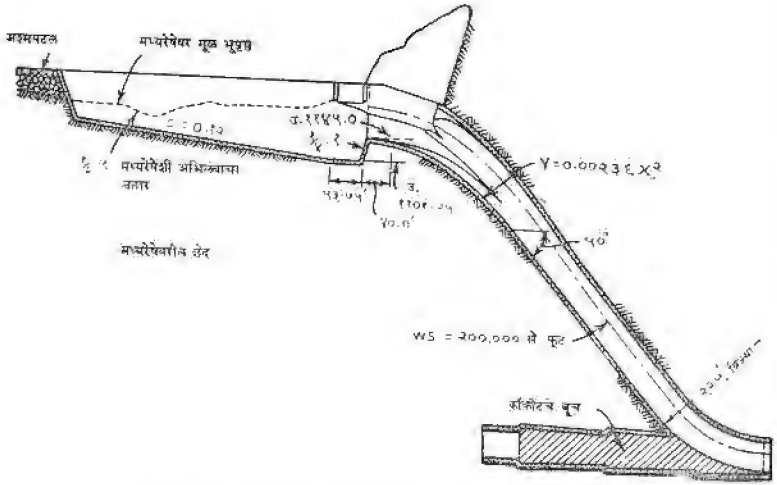
जेथून अंतःप्रवाह सुरू होतो त्या बिंदूच्या खालच्या दिशेने जसजशी कांडलेली हवा बाहेर पडते, तसतसे ही फूग कमी होण्याकडे तिचा कल असतो. मात्र असमतोल प्रवाहामुळे नालीत^३ बऱ्याच लांब अंतरापर्यंत आडव्यातिडव्या लाटा टिकून राहतात. अशा काही अवस्था असतात की तेथे या बाबीला फार महत्त्व येते.

(अ) बोल्टरडॅमचे सांडवे :-

बोल्टर डॅमवर २ नाल्या असलेल्या सांडव्यांची तरतूद करण्यात आली आहे. प्रत्येक नाल्याची अत्युच्च पुरावेवेळी दर सेकंदाला २००,००० घ. फू. इतकी प्रारक्ता असते. यापैकी एका नालीमधील काटछेद आ. १५ मध्ये दाखविला आहे. येथे बोगद्याच्या प्रवेशद्वारापाशी फुगीकरिता काळजीपूर्वक तरतूद करण्याची जरूरी पडली आणि बोगद्यातील आडवा प्रवाह कमीत कमी होईल अशा संकमणाची योजना करावी लागली. आणि या आणि इतर लक्ष्याकरिता^४ भरपूर प्रतिमान चाचण्या करण्यात आल्या.

तळटीप ३ उद्धृत केलेल्या प्रथातील

४ बोल्टर वॅगिऑन प्रोजेक्टस फायनल रिपोर्ट-भाग ६, हायड्रालिक इन्व्हेस्टिगेशन्स, बुल. १. मॉडेल स्टडीज ऑफ रिप्लेज, यु. एस. ब्यूरो रेक्लमेशन, हेन्वर, कोलो, १९३८.



बोल्डर डॅमच्या सांडव्याच्या माथयेवरील छेद.

आ- १५

आ. १५ त दाखविल्याप्रमाणे नालीच्या तळापेक्षा बोगद्याच्या प्रवेशद्वाराची उंची जास्त ठेविली आहे. तसेच बोगद्याच्या आंतील प्रवाह सुधारावा म्हणून त्याचे प्रवेशद्वार आडव्या पातळीत "ऑफसेट" केले आहे आणि त्यामुळे "पोर्टलच्या" माथ्याच्या बाजूवर एक पायरी निर्माण झाली आहे. पोर्टलच्या लगेच खालच्या बाजूला वक्ररेषीय बोगद्याच्या इन्वर्टची रूपरेखा फवाऱ्याच्या प्रक्षेपथावरून निश्चित करण्यात आली आहे आणि ११ व्या प्रकरणातील विवेचन केलेल्या परिवाही माथ्याचे बाबतीत लागू पडणारी तत्वे येथेहि वापरण्यात आली आहेत. बांधकामाचा आकार चाचणी करून निश्चित करण्यात आला आणि जलविषयक प्रतिमानांच्या सहाय्याने तपासण्यात आला.

(क) विद्यमान रचनांची तपासणी

(१) जलविषयक सूत्र

मर्यादा लागू असलेल्या विशिष्ट परिस्थितीचे बंधन नसणारी नवीन संकल्प-चित्रे तयार करताना उपयुक्त व्हावी हा पूर्वी दिलेल्या माहितीचा उद्देश आहे. सध्या अस्तित्वात असलेल्या नालीच्या विश्लेषणाकरता विहित आकार आणि उतार अनुरूप असावे लागतात अशा आणि जेथे अंतःप्रवाह विषम असतो अशा नालीच्या

अभिकल्पनेकरता त्याच प्रकारची जलविषयक तत्वे लागू करावी लागतात. Δk च्या परिमित मूल्यास मूलभूत संवेग समीकरण स्थूलपणे लागू करण्याकरता ते खालीलप्रमाणे लिहिता येईल :—

$$\frac{\Delta M}{\Delta x} = \frac{Q \Delta V}{g \Delta x} + \frac{q}{g} (V + \Delta V) \quad (१०)$$

व त्यावरून खालील समीकरण प्राप्त करावे.

$$\Delta V = \frac{Q_1 (V_1 + V_2)}{g (Q_1 + Q_2)} \left[\Delta V + \frac{q V_2 \Delta x}{Q_1} \right] \quad (११)$$

जेथे Δy हे Δx लांबीच्या पट्ट्यातील पाण्याच्या पृष्ठभागाच्या वक्राचे पतन आहे. ΔM आणि ΔV त्याला अनुरूप असणारा संवेग (Momentum) आणि वेग Q_1 आणि V_1 हे त्या आटोक्याच्या (Reach) वरच्या टोकाशी असणारे प्रस्त्राव आणि वेग, Q_2 आणि V_2 हे त्याचप्रकारे खालच्या टोकाशी असणारे प्रस्त्राव आणि वेग q हा माथ्याच्या दरफुटाचा अंतःप्रवाह आणि g हे गुरुत्वाकर्षण आहेत.

एकामागून एक छोट्या छोट्या आटोक्यांना एकदा का प्रस्थान बिंदू मिळाला की समीकरण ११ लागू करून एक जलपृष्ठ वक्र प्राप्त करता येते. हे चांचणी पद्धतीने केले जाते. एखाद्या विशिष्ट जागी Δx लांबीच्या आटोक्यांची निवड करून Q_1 आणि Q_2 प्रथमतः निश्चित करण्यात येतात. एखाद्या टोकाजवळची खोली माहित असेल तर त्या टोकाजवळचा वेग संगणित करता येतो. नंतर दुसऱ्या टोकाजवळ एक परिक्षण खोली गृहीत घेऊन त्यावरून उरलेला वेग संगणित करण्यात येतो. Δy चे मूल्य प्राप्त करण्याकरिता बरील प्रमाणे प्राप्त केलेली मूल्ये ११ व्या समीकरणात वापरावीत. हे मूल्य आणि अंदाजित घर्षण (मूल्य) यांची बेरीज दोन्ही टोकाच्या पातळीमधील उर्जा ढाळातील (energy gradient) करका इतकी असावी. हा (उर्जा ढाळा) खोली व वेगशीर्ष याच्या बेरजेत पूरपातळी मिळवून काढण्यात येतो. हे जर साध्य झाले नाही तर नवीन परिक्षण खोली गृहीत घरावी व बरील संगणना पुनः करावी.

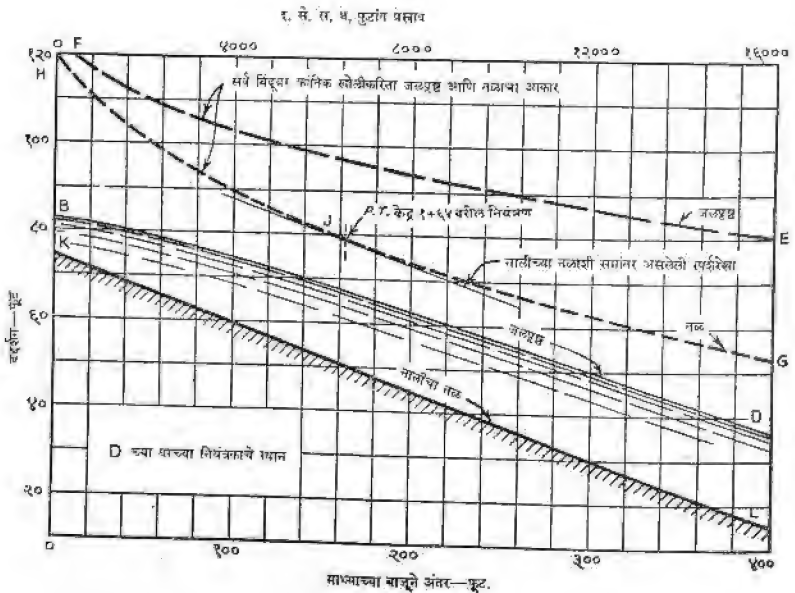
(२) नियंत्रणाचे स्थान—

११ वे समीकरण वापरण्यापूर्वी ज्या प्रस्थानाच्या जागेजवळचा वेग माहित आहे ती जागा प्राप्त केली पाहिजे. अशी खोली क्रांतिक बिंदूतून वरून खालपर्यंत जाईल

तळटिप ५ जुलियन हार्डिन्स—“साईड चॅनेल स्पिडचेज” टू. अ. सो. सि. इ. खड ८९, १९२६: पा. ८८१.

अशा नियंत्रण स्थानाजवळ प्रस्थानाची जागा निवडण्यात यावी. पूर्वी उदापोह केल्याप्रमाणे नवीन अभिकल्पनेत हे स्थान ठरवणे जितके सोपे असते तसे याबाबतीत (सोपे) नसते.

जर आ. ८ मधील D आणि N मधील नालीचा ढाळ कांतिक खोलीच्या वेळचा प्रवाह तोलण्यास अपुरा असेल आणि N ची खोली जरूरीपेक्षा जास्त असेल तर नियंत्रणाचे स्थान N च्या जवळ ठेवावे लागेल. जर D आणि N मधील ढाळ कांतिक खोलीच्या वेळचा प्रवाह तोलण्यास जरूरीपेक्षा जास्त असेल तर नियंत्रणस्थान D च्या जवळ घेईल किंवा कांहीशा वरच्या बिंदूजवळ घेईल. D पासून वरच्या बाजूस घर्षणाच्या शक्तीखेरीज आत येणाऱ्या पाण्याच्या जडत्वामुळे निर्माण होणारी प्रतिरोध शक्तीही अस्तित्वात असते व तिच्यामुळे नियंत्रणांत बाधा येते. जर D पासून लागलीच वरच्या बाजूस नालीचा ढाळ हानी भरून काढण्यास आणि कांतिक खोलीचे वेळो प्रवाह चालू राहण्यास अपुरा असेल तर नियंत्रण D जवळ राहिल. नाहीतर जेथे याकरिता जरूर तितका ढाळ असेल अशा आणखी वरच्या बाजूच्या एखाद्या बिंदूजवळ नियंत्रण-स्थान जाईल.



D च्या बरील बाजूस नियंत्रणाचे प्रत्यक्ष स्थान निश्चित करणे गुंतागुंतीचे असते. कारण क्रांतिक खोली, जडत्वीय प्रतिरोध आणि प्रवाह हे सर्व अस्थिर असतात आ. १६ त अशा तऱ्हेच्या समस्येस तोंड देण्याकरिता एक पद्धत सुचविली आहे. नाली निरनिराळ्या आटोक्यात (Reach) विभागण्यात येते आणि प्रत्येक आटोक्याच्या अखेरीस प्रस्त्रावाचे आणि क्रांतिक खोलीचे संगणन करण्यात येते. जर क्रांतिक खोलीच्या वेळचा प्रवाह सर्वत्र असला तर त्यामुळे निर्माण होणारा जडत्वीय प्रतिरोध आणि घर्षण हानी यांचा अंदाज काढण्यात येतो आ. १६ त E जवळ दाखविल्याप्रमाणे माथ्याचा खालच्या (down stream) टोकाच्या समोर एकाद्या कल्पित पातळीवर सुरुवात करून आणि जडत्वीय प्रतिरोध आणि घर्षणहानी एकत्र करून EF वक्र आरेखित करणे शक्य होते. जर खोली सगळीकडे क्रांतिक असेल तर त्यावेळी पाण्याच्या पृष्ठभागास अशा वक्राची जरूरी असते. (ज्यावेळी E ची अखेरची पातळी कल्पित असते) ती अवस्था निर्माण करण्याकरिता लागणारी तळातील रुपरेखा HG या वक्रावर क्रांतिक खोलीच्या खाली मोजता येते. जेथे J या बिंदूजवळ नियंत्रक असतो तेथे त्याच स्थानाजवळ KL या प्रत्यक्ष तळाची स्पर्शरेषा आणि HG या वक्राची स्पर्शरेषा समांतर असतात. J च्या डाव्या बाजूकडे क्रांतिक प्रवाह चालू राहण्याकरिता लागणारा ढाळ प्रत्यक्ष ढाळापेक्षा जास्त असतो आणि उजव्या बाजूकडे तो कमी असतो आणि ही अवस्था नियंत्रण निर्माण होण्याकरिता आवश्यक असते. KL सरळ असणे अगत्याचे नाही. ज्यांच्या दरम्यान जलोच्छाल आहेत असे दोन अगर अधिक नियंत्रण बिंदू असण्याचीही शक्यता असते.

(ख) पुच्छजल वक्र :-

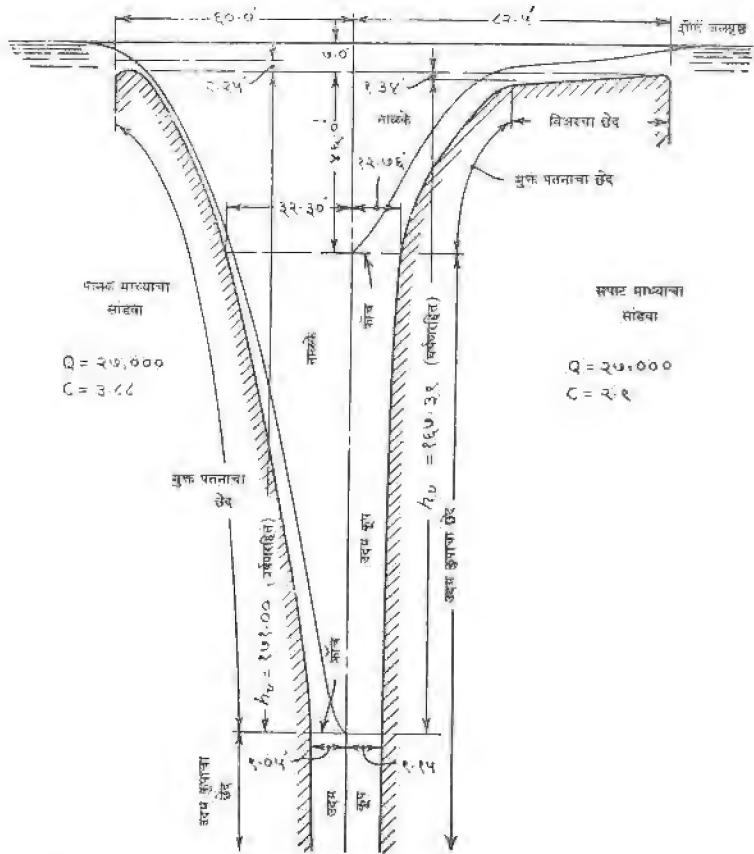
नियंत्रकाचे स्थान निश्चित केल्यावर ११ व्या प्रकरणातील अ. ५ मध्ये खुलासा केल्याप्रमाणे सूत्र ११ ने संगणित केलेल्या जडत्वीय प्रतिरोधाकरिता सवलत ठेऊन दोन्ही बाजूस पुच्छजल वक्र परिगणित करण्यात यावा.

(ग) सांडव्याच्या खालच्या बाजूची नाली :-

विविध प्रकारच्या बांधकामाच्या सखोल माहितीकरिता व पार्श्वपात्री सांडव्यापासून नदीपर्यंतच्या प्रवणिकेचे अभिकल्पनेकरता अ. (१) पहावा.

३-कूप सांडवे

ज्याला कधी कधी "मॉनिंग ग्लोरी" असे संबोधण्यात येते अशा कूप सांडव्याला उभ्या व एका बाजूस पसरत्या नाळक्यासारखा आकार असतो. त्याचा



आ. १७. मानक सांडवा व सपाट माथ्याचा कूप सांडवा यांची तुलना

माथा हा सांडव्याचा ओंठ असे म्हणतात येईल. त्याचे चित्र आ. १७ त दाखविले आहे. धरणाच्या बांधकामातून अगर धरणाच्या बाजूने नेलेल्या L च्या आकाराच्या वहिद्वार नलिकेशी नाळके जोडलेले असते.

कूप सांडव्याचे दोन साधारण प्रकार आहेत. पहिल्या प्रकारात मानक माथा असतो (पहा. अ. २ प्र. ११) व दुसऱ्यात सपाट माथा असतो. आ. १७ त या दोन्हीची तुलना करण्यात आली आहे. सपाट माथ्याच्या सांडव्यात "विअर विभाग व अविरोध पतन होईल असा विभाग" असे दोन भाग असतात. त्या ठिकाणी

अविरोध पडणाऱ्या पाण्याच्या फवाऱ्याच्या (Jet) पथाशी जुळणारा सांड-
व्याचा आकार असतो, आणि त्यांत पाण्याने संपूर्णपणे भरलेला आहे असा
उभा कूप-विभाग समाविष्ट केलेला असतो. या उभ्या कूप विभागाच्या खालच्या
बाजूस कोपरा आणि आडवी नलिका असते.

मानक माथ्याच्या सांडव्याचीहि रूपरेखा अशीच असते. फक्त तीत विअर
विभाग नसतो आणि माथ्यापासून अलग होताच पाणी अनिर्वन्धपणे पडण्यास
मुरवात होते. या उलट सपाट माथ्याच्या सांडव्यावर पाणी अनिर्वन्धपणे पड-
ण्यास मुरवात होण्यापूर्वी ते माथ्याकडे सपाट उतारावरून नेले जाते.

मानक माथ्याच्या सांडव्याला कमी व्यासाचा माथा लागतो हा फायदा आहे
कारण सपाट माथ्यापेक्षा याचा प्रस्त्राव गुणांक जास्त असतो. कारण पहिल्या
प्रकारात दुसऱ्यापेक्षा व्यास फक्त सुमारे ७५ टक्के असतो. बाकीच्या गरजा
जर पुऱ्या करता आल्या आणि आ. २० मध्ये दाखविल्याप्रमाणे जर हा सांडवा
बुरजासारखा बांधला तर अर्थातच मानक माथ्याचा सांडवा जास्त फायदेशीर
असतो.

सपाट माथ्याच्या सांडव्याचे नाळेकडे जास्त लहान असते. आ. १७ मध्ये
दाखविल्या प्रमाणे माथ्यापासून खाली ४६ फूट अंतरावर त्याचा व्यास दुसऱ्या
प्रकारात लागणाऱ्या व्यासापेक्षा अंदाजे फक्त ३९ टक्के आहे. म्हणून जेव्हा
आ. २३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे सांडवा खडकात खोदावा लागतो तेव्हा तोच
प्रकार नेहमी पसंत केला जातो.

मानक माथ्याच्या सांडव्याचा उभा कूप विभाग नेहमीच काहीसा लहान
व्यासाचा असतो. कारण उभ्या दिशेने (वाहणाऱ्या प्रवाहाच्या) वेगाकरिता जे
(जल) शीर्ष h₁ उपलब्ध असते ते काहीसे जास्त असते. परन्तु हा फरक प्रायः
किरकोळ असतो. निराळा परिच्छेद कोपरापर्यंतच उपलब्ध असलेल्या उभ्या अंतरा-
पेक्षा अनिर्वन्ध पतन विभागाची उंची (आ. १७) जास्त असू शकते. अशावेळी
जरी सांडवा बुरजाच्या आकाराचा असला तरी सपाट माथ्याच्या अगर मिश्र
स्वरूपाच्या सांडव्याचा उपयोग करावा लागेल नाहीतर सांडव्यावरील जलशीर्ष
बाढवावे लागेल आणि परिणामतः व्यास जास्त लहान होईल आणि जला-
शक्तीतील पाण्याची पातळी माथ्यावरील दरवाज्याच्या सहाय्याने कायम राखावी
लागेल.

या लेखांत सांडव्याच्या दोन सामान्य प्रकारांचा विचार केला जाईल. वाचकांची पार्श्वभूमी तयार असल्याने संमिश्र सांडव्याचे संकल्पचित्र (design) तयार करण्यात अडचण येणार नाही.

(अ) मानक माथ्याचा सांडवा :- खुलाशात्मक उदाहरण म्हणून आ. ८ मध्ये मानक माथ्याच्या सांडव्याचा छेद दाखविला आहे. धारदार माथ्याच्या बांधावरून पडणाऱ्या पाण्याच्या फवाऱ्या खालील जागा केवळ कॉन्क्रीटने भरून "मानक माथा" कसा प्राप्त केला जातो. याच्या वर्णनाकरिता वाचकांनी प्र-११ मधील अ-२ पहावा. त्याच सामान्य तत्वांस अनुसरून मानक माथ्याच्या कूपसांडव्याचा आकार प्राप्त करता येतो. फक्त त्याचा माथा वर्तुळाकार असतो. व (जल) सोतांचा विशिष्ट प्रकारचे आकार येतात.

R या त्रिज्येच्या धारदार माथ्याचा गोलाकार, खड्या, धारदार मानक सांडव्याकरिता निरनिराळ्या जलशीर्षाचे गुणोत्तर धरून त्याची निःसारण-क्षमता व खालच्या 'नॅप' (Nappe) चा आकार ठरविण्याकरिता प्रयोग करण्यात आले आहेत. हे प्रयोग अगदी क्षुल्लक आगमन वेग धरून (Velocity of approach) करण्यात आले. बऱ्याच प्रमाणांत असलेल्या आगमन वेगासंबंधी माहिती उपलब्ध नाही.

मानक माथ्याच्या कूप सांडव्याचे संकल्पचित्र तयार करण्याकरिता लेखकाने या प्रयोगांच्या अहवालातील आधारसामग्रीचा (Data) उपयोग केला आहे. जेथे संदर्भ दिलेला नाही तेथे लेखकाने आपली तारतम्यबुद्धी आणि आधार सामग्रीच्या व्याप्तीचा (Extention) उपयोग केला आहे. निराळा परिच्छेद संकल्पचित्रातील पुढील टप्प्याच्या माहितीरिक्ता आ. १८ चा संदर्भ घेतला आहे. त्यावरून दिमून घेईल की आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे सैद्धांतिक "धारदार माथा" बरील प्रवाहावरून "सांडव्याच्या माथ्या"चे संकल्पचित्र भाकित केले आहे.

(१) सांडव्याच्या माथ्यावरील लागणारी क्षमता Q आणि अनुज्ञात अत्युच्च शीर्ष h, ज्याच्याखाली सांडवा काम देऊ शकला पाहिजे, ही खाली दिली आहेत.

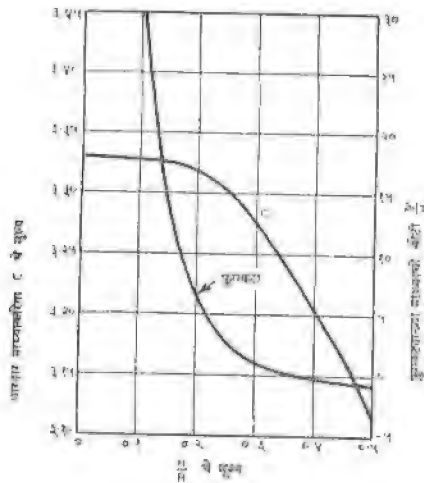
उदाहरणार्थ - असे गृहीत धरा की

$$Q = ३०,००० \text{ से. फू. आणि}$$

$$h = १०.०० \text{ फू. व}$$

तळदीप ६ नॅप वॉड हो "टेस्ट ऑफ सक्च्युलर विअर्स" सि. ई. एप्रिल १९३९ पा. २४७. आर. बी. ड्युपीट, "डिटर्मिनेशन ऑफ अंडर नॅप ओव्हर द शार्प क्रेस्टेड विअर, सक्च्युलर इन ड्रॅन वुर्थ रेडिअल अप्रोच" फेस स्कूल ऑफ अप्लाइड सायन्स या संस्थेत १९३७ मध्ये सादर केलेला प्रबंध.

(७) R चे ३८.५ फूट हे मूल्य गृहीत धरलेल्या R च्या ५० फूट मूल्याइतके नसल्याने, ३ च्या बाबीकरिता R चे नवीन मूल्य गृहीत घरावे लागेल आणि ही क्रिया ६ च्या बाबीत प्राप्त केलेले R चे मूल्य बाब ३ मध्ये गृहीत धरलेल्या R च्या मूल्याइतके येईपर्यंत पुनः पुनः करावी लागेल.



आ. १९

याप्रमाणे बाब ३ मध्ये R चे ३८.८ फूट हे बरोबर मूल्य असून आपणाला असे आढळते की,

$$\frac{H}{R} = 0.2667$$

$$C = 3.262$$

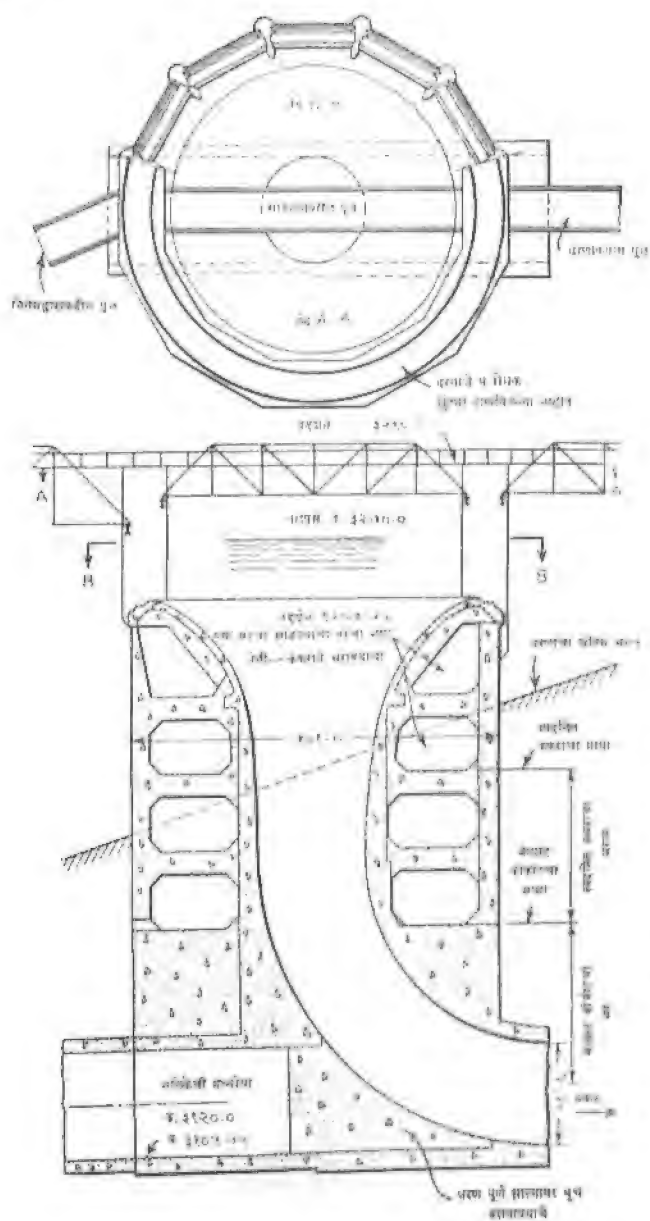
$$q = 123.2$$

$$R = 38.8$$

(८) H च्या बाब २ मधील तात्पुरत्या ११.२ फूट या मूल्याकरिता आपण आता निष्कर्ष काढले आहोत आणि आता हे बरोबर आहे की नाही हे ठरविले पाहिजे.

(९) धारदार माथ्यापासून बिलग झाल्यावर खालच्या नोंचा उभार (Rise) r, कॅप आणि होव्हॅं यांच्या खालील सूत्रावरून उपलब्ध करता येतो.

तळटीप ८, उद्धृत केलेल्या संश्लेष



आ. २० किंगडें चरणावरून कृण सोडवा (सेटुल नेत्रास्का-सांजजनिक विज्ञान आणि सिवाई विभाग)

$$\frac{r}{H} = ०.११ - \frac{०.१०H}{R}$$

$$r = ०.११ \times ११.२ - \frac{०.१० \times ११.२ \times ११.२}{३८.८} = ०.९०९$$

(१०) यावरून सांडव्याच्या माथ्यावरील शीपे h हे

$$h = H - r = ११.२ - ०.९०९ = १०.२९ \text{ येते.}$$

बाब १ प्रमाणे h चे हे मूल्य $h = १०.००$ इतके नसल्याने बाब २ मध्ये H चे नवीन मूल्य धरले पाहिजे आणि ही क्रिया बाब १० मधील h चे अंतिम मूल्य १० येईती पुनः पुनः केली पाहिजे. याकरता बाब २ मध्ये H चे योग्य मूल्य १०.९ आणि बाब ३ मध्ये R चे योग्य मूल्य ४०.३ धरून खालीलप्रमाणे मूल्ये प्राप्त करावीत.

$$\frac{H}{R} = ०.२७०३$$

$$C = ३.२९४$$

$$q = ११८.९$$

$$R = ४०.३$$

$$r = ०.९०$$

$$h = १०.०$$

(११) धारदार माथ्याच्या बांधावरून पडणाऱ्या झोताचे आरेखन करणे ही पुढची पायरी होय. याकरता झोताचा कमाल उभार r खेरीज करून, बाकीच्या बाबी ड्यू पाईटच्या प्रवर्णातील आधार सामुग्रीवरून प्राप्त करण्यांत आल्या. पूर्वी खुलाचा केल्याप्रमाणे r या कमाल उगाराकरता रंग आणि हो यांची आधारसामुग्री बापरण्यांत आली.

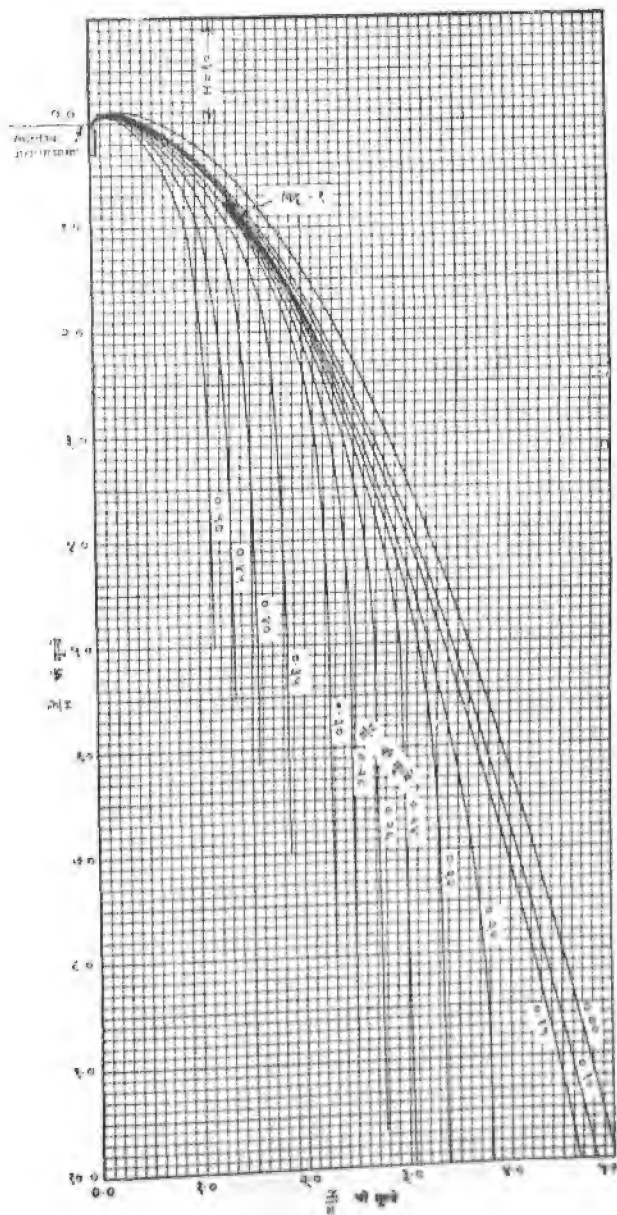
धारदार माथ्याचा बांध हे मूळस्थान (Origin) धरून खालच्या नॅपचे (under nappe) निर्देशांक आ. २१ मध्ये दिले आहेत.

१ या बिंदूकरता जेथे $y = १०$ आहे,

$$\frac{y}{H} = \frac{१०.०}{१०.९} = ०.९१८$$

$$\text{आ. २१ वरून } \frac{H}{R} = ०.२७०३, \text{ असल्यास } \frac{x}{H} = १.४ \text{ येईल}$$

$$\text{म्हणून } x = १.४ \times १०.९ = १५.२७$$



आ. २१. मानक मादयाक्या सांडव्या करला खालची तप

(१२) धारदार माथ्याच्या खालील ओताच्या बाहेरच्या बाजूकरीता x_0 चे मूल्य खालीलप्रमाणे प्राप्त करता येते.

$$x_0 = R - \sqrt{R_0^2 - \frac{Q}{\pi \sqrt{2g} (y + 0.309H)}}$$

येथे R_0 हा त्या पातळीवरच्या खालच्या नॅपची त्रिज्या आहे. या समीकरणात उदग्र वेगाकरता $(y + 0.309h)$ हे शीर्ष उपलब्ध आहे. २ या विदुरकता $R_0 = R - x = 40.30 - 14.27 = 26.03$ आणि $y = 10.0$

$$\text{आणि } x_0 = 40.3 - \sqrt{26.03^2 - \frac{30,000}{3.141 \times 6.02 \sqrt{10 + 0.309 \times 10.9}}}$$

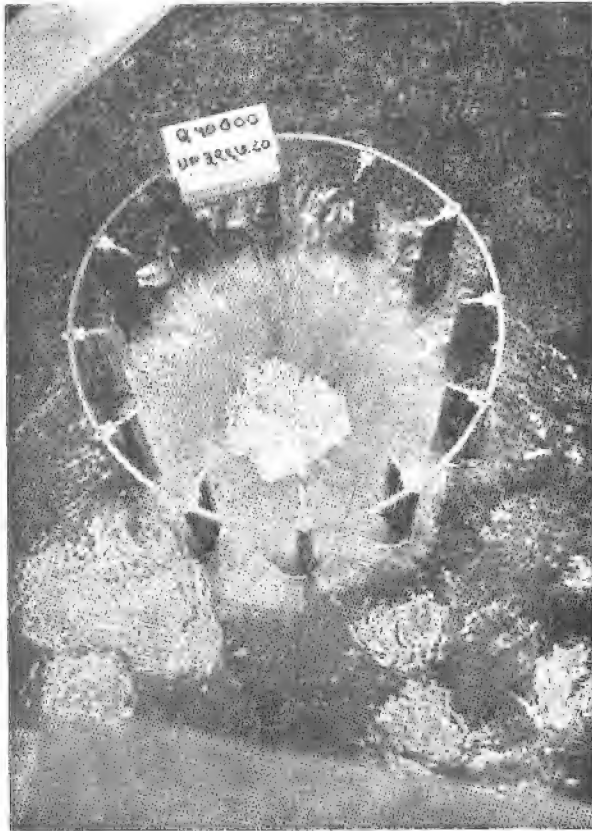
$$x_0 = 22.66$$

(१३) याप्रमाणे क्रिया करून आपल्याला असे दिसून येते की जेव्हा $x_0 = 40.30$ आणि $y = 43.20$ असतात तेव्हा "वरची नॅप" सांडव्याच्या मध्यरेषेचा छेद करते. या विदुराशी ज्याला "कॉच" असे म्हणतात तेथे सर्वांचे फुगवट्यामध्ये परिवर्तन होते आणि आडव्या दिशेचा जलवेग नाहीसा होतो. हे आ. १८ व आ. २२ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे कौचच्यावर घडून येते.

फुगवट्याच्या माथ्याची कोटि $\frac{y}{H}$ आ. १९ (डचू पॉइंट) मध्ये दाखविली आहे आणि $\frac{H}{R} = 0.2603$ असल्याने या उदाहरणाकरिता त्या फुगवट्याचे स्थान $y = 1.9 \times 10.9 = 20.7$ फूट इतके धारदार माथ्याच्या खाली आहे. प्याम कॉचच्या पातळी खालून आपण खालीलप्रमाणे चालू या:

(आ) प्रस्नाव नलिका - आतापर्यंत आपण घर्षणाची उपेक्षा केली कारण आ. १८ त दाखविलेल्या आकारमानाच्या सांडव्याकरिता माथ्यापासून कॉचपर्यंतची घर्षणहानी अल्प असते आणि ती विचारात घेतली तरी ही उपेक्षा आपल्या प्रमेयाला लागणाऱ्या अचूकतेच्या मर्यादेच्या बाऱ्याच आत असते. शिवाय ती विचारात घेणेही अडचणीचे असते म्हणून ती विचारात घेतलेली नाही. परंतु कॉचच्या खाली उभा कूप, कोपरा व आडवा अगर जवळ जवळ आडवा भाग समाविष्ट असलेल्या नलिकेची तरतूद केलीच पाहिजे की ज्यामध्ये घर्षणहानी पुष्कळच असेल.

गरजेडतक्या आकाराप्रत पोहोचिपर्यंत काँचच्या म्हाळच्या नलिकेच्या उभ्या कूपा (Shaft) चा व्यास कमी कमी करत जावा. नलिकेचा गरजेडतका आकार येथ्याकरिता उभ्या कूपाचा व्यास म्हाळीलप्रमाणे प्राप्त करता येतो.



आ. २२ किंग्ळे धरणाच्या कूप सांडव्याची चांचणी- (केस स्कूल ऑफ ऑस्लाइड सायन्स येथील जी. ई. बार्न्स यांनी केली)

एकाद्या विशिष्ट पातळीच्यावर R_1 ही कूपाची विज्या असली आणि h_1 हा त्याच पातळीवर उपलब्ध असणारा वेग असला तर

$$h_p = y + 0.369H - f_1 - f_2$$

जेथे f_1 ही माथ्यापासून काँचपर्यंतची घर्षण हानी आहे आणि f_2 ही काँचपासूनच्या पातळीपर्यंतची घर्षण हानी आहे. जलविषयक सामान्य तत्वावरून ही निश्चित करता येतात.

$$Q = \pi R_1^2 \sqrt{2g(y + 0.369H - f_1 - f_2)}$$

अथवा

$$R_1 = \sqrt{\frac{Q}{\pi \sqrt{2g(y + 0.369H - f_1 - f_2)}}$$

३-या विदूकरिता $y = १५$, आहे. $f_1 = ०.३$ आणि $f_2 = ०.४$ घरा बाबतून $R_1 = १२.४८$ येतो.

वर उल्लेख केल्याप्रमाणे नलिकेचा योग्य आकार प्राप्त होईपर्यंत अशा प्रकारे उमा कूप कमी कमी करता येतो. जसे शीर्ष उपलब्ध असेल त्याप्रमाणे प्रस्नाव Q त्यांतून जाऊ शकेल असा नलिकेचा आकार असला तरच त्याला योग्य आकार असे म्हणता येईल. उदाहरण ३-या विदूजवळ जर योग्य आकार मिळाला असताना ज्याअर्थी ३-या विदूवरील संपूर्ण शीर्ष, वेग निर्मिती घर्षण आणि अन्य हानी भरून काढण्यात खर्च झालेले असते त्याअर्थी उरलेले घर्षण हानि भरून काढण्यास उपलब्ध असलेले शीर्ष ३-या विदू आणि प्रस्नाव नळीचे निर्गमद्वार यांच्या पातळीतील फरकाइतके असते.

तथापि पी. एच. जीनिशेन यांनी असे तजरेस आणले आहे की कूप सांडव्याचे बाबतीत कोपऱ्याजवळ एक महत्वाचा घटक असतो आणि काही उदाहरणांत त्याचेकडे दुर्लक्ष केले गेलेले असेल. P हा कोपऱ्याच्या गृहीत (given) काटछेदाजवळचा सरासरी दाब असू द्या.

p_a = समुद्रसपाटीपासचा अंदाजी ३४ फूट जलशीर्षाइतका वातावरणातील दाब.

p_c = केंद्रीत्सारी बलामुळे कोपराच्या आतल्या बाजूवरील दाबातील घट.

p_v = सुमारे एक फूट पाण्याइतका पाण्याचा वाष्पदाब (पहा - वाष्पसारणी) वाकणाच्या आतल्या बाजूवरील निरपेक्ष (absolute) दाब खालील प्रमाणे असतो.

$$P = p_a + (p - p_c)$$

सांडव्याच्या प्रतिरूप चाचणीत p_c पुष्कळवेळा P पेक्षा जास्त असल्याने $p - p_c$ हा दाबमापीवरील पाठ्यांक ऋण असतो. परंतु मांडेलमध्ये हे $p - p_c$ चे ऋणमूल्य p_v या पाण्याच्या वाष्पदाबा इतके, P हा निरपेक्ष दाब कमी करण्यास वचितच पुरेसे असते.

परंतु जेव्हा मांडेल आदिरूपाइतके वाढविण्यात (stepped up) येते तेव्हा स्केल मांडेलच्या प्रमाणात $p - p_c$ ही वाढते परंतु p_a स्थिरच असतो. म्हणून जेव्हा $p_a - p_c$ च्या ऋणमूल्यात वाढ होते आणि p_a स्थिर रहातो तेव्हा निरपेक्ष दाब

P कमी होतो आणि तो पाण्याच्या वाष्पदाबाइतका अपर त्यापेक्षा कमी असू शकतो. असे जर घडले तर गंभीर परिणाम निर्माण होण्याची शक्यता असते. गंभीर प्रकारच्या निर्वातनाबरोबरच कोपरा पाण्याने भरून राहणार नाही कारण आतली वाजू जलवाष्पाने भरलेली असते. जर प्रस्नाव स्थिर राहिला तर कोपऱ्यातील वेग वाढिला पाहिजे. कारण पाण्याने ते व्यापल्यामुळे त्याचा हेतू कमी झालेला असतो आणि जास्त वेग निर्माण करण्याइकरिता जास्त दाबाची गरज असते.

जर P हा दाब अधिक वेग आणि घर्षण निर्माण करण्यास पुरेसा नसेल तर सांडव्याची क्षमता बरीच कमी होईल.

कोपऱ्याच्या आतील दाबहानी ब्रारकार्डने परिगणित करता येत नसल्याने अंतिम अभिकल्पनेकरिता प्रतिमान चित्रावरून चाचण्या घेण्याची आवश्यकता असते. संपूर्ण सांडेलमध्ये आंशिक निर्वातस्थिती निर्माण करून कोपराच्या जवळच्या प्रत्यक्ष अवस्थांची नक्कल करता येते. यामुळे सांडेलच्या भोवतालचा निरपेक्ष दाब आणि हवेतील दाब यांचे गुणोत्तर सांडेलच्या स्केल गुणोत्तरा-इतके करता येते. अर्थात याचा अर्थ हा की जेटचे वियोजन (Separation) रोखण्याकरिता सैद्धांतिकरित्या सांडेलचे गुणोत्तर $\frac{1}{P_a - P_s}$ पेक्षा जास्त असता कामा नये. ते साधारणपणे ३ इतके असावे बहुधा ते काहीसे कमीच असावे, कारण आंशिक निर्वातस्थिती स्थिर राहण्या करिता ज्या सोयी उपलब्ध असतील त्यावर ते अवलंबून असते.

पुर्वी उल्लेख केल्याप्रमाणे कोपऱ्याचा आतमध्ये अवसामान्य दाब निर्माण होण्याकडे असलेला कल संतुलित करण्याकरिता लागणारा दाब साचून रहावा म्हणून कूप पुरेशा लांबीपर्यंत सारख्या व्यासाचा असला पाहिजे. काही सांडव्यात, त्याची मापे अशी असतात की कोपऱ्याची पातळी स्थिर असल्याने जर मानक माथ्याच्या सांडव्याचा उपयोग केला तर कोंचची पातळी वाजवीपेक्षा जास्त खाली जाते. अशा परिस्थितीत सपाट माथ्याचा कूप सांडवा अगर संमिश्र प्रकारचा सांडवा स्वीकृत केला पाहिजे.

(इ) सपाट माथ्याचा कूप सांडवा—(Flat crested shaft spillway)

Ford Curtz^१ यांनी सपाट माथ्याच्या कूपसांडव्याच्या संकल्पचित्राचे वर्णन

तलवीप ९. “ही हायड्रॉलिक डिझाईन ऑफ दी शाफ्ट स्पिल्वे डेव्हिस ब्रिज धरणाकरता आणि कार्यकारी प्रतिमान चित्रावरील जलविज्ञान विषयक चाचण्या” ई. अ. सो. सि. इंजिनियर्स, १९२५, पान १.

केले आहेत. लेखकाने शिफारस केलेले काही ठळक फरक समाविष्ट करून त्याचा येथे फक्त गोपबारा देण्यात येईल. मुलभूत तत्वाकरिता पूर्वी केलेले मानक माथ्याच्या (standard crested) सांडव्याचे दर्शन वाचावे.

सपाट माथ्याच्या सांडव्याचे संकल्पचित्र तयार करायचे जरूर ते टप्पे खालील-प्रमाणे आहेत. या संदर्भात आ. २३ मधील डेव्हिसब्रिज सांडव्याची परिस्थिती निदर्शित करणारी आ. २४ पहावी.

(१) सांडवा कायंबाही होताना लागणारी क्षमता Q आणि अनुज्ञात अत्युच्च-शीर्ष, h , ही दिलेली आहेत. खालील उदाहरणात

$$Q = २७,००० \text{ से. फू.}$$

$$h = ७ \text{ फूट.}$$

(२) दर रेखीव फुटार प्रस्त्राव खालील समीकरणाने मिळेल,

$$q = Ch^{3/2}$$

हा सांडवा सपाट माथ्याचा होणार असल्याने C चे सैद्धांतिक मूल्य ३.०८७ असते. यू. एस. भूगर्भीय सर्वेक्षणाला फे प्रकाशित केलेल्या जलपुरवठ्या संबंधीच्या निबंधात पान २०० वर सपाट माथ्याच्या सांडव्याच्या अनेक प्रकारात स्वीकृत केलेली व्यावहारिक मूल्ये दिली आहेत. डेव्हिस ब्रिज सांडव्याकरिता C चे २.९ हे मूल्य धरण्यात आले होते. तेथे वरच्या गोलाकार कोपऱ्याची त्रिज्या आणि माथ्यावरील शीर्ष यांचे गुणोत्तर $२.५/७ = ०.३६$ होते. म्हणून $q = २.९ \times ७^{3/2} = ५३.७$ से. फू.

(३) माथ्याची अवयव असणारी लांबी—

$$l = \frac{Q}{q} = \frac{२७,०००}{५३.७} = ५०३ \text{ फूट}$$

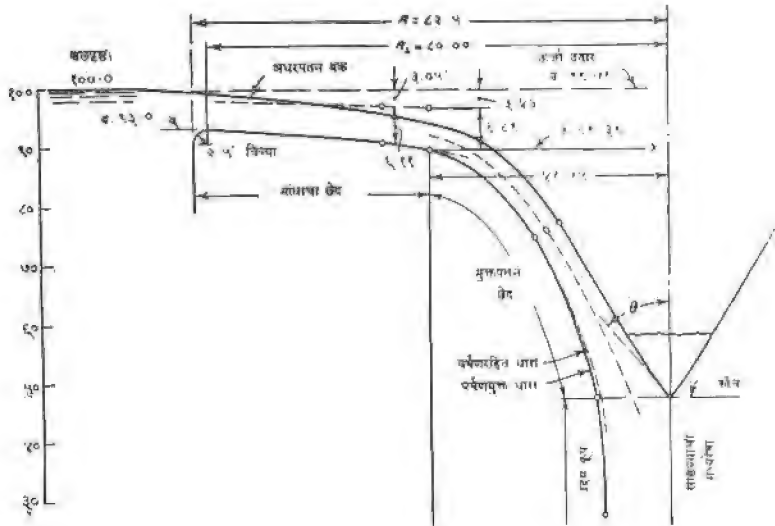
(४) आणि लागणारी त्रिज्या :—

$$R_s = \frac{l}{२\pi} = \frac{५०३}{२\pi} = ८०.० \text{ फूट}$$

डेव्हिस ब्रिज सांडव्याकरिता सांडव्याची बाहेरील त्रिज्या म्हणून ही त्रिज्या धरण्यात आली होती. परंतु लेखकास तिचा उपयोग सांडव्याच्या शीर्षाकरिता

करणे पसंत आहे व हे आ. २४ मध्ये दाखविले आहे. सांडव्याची बाहेरची विव्या

$$R = R_1 + r = ८० + २.५ = ८२.५ \text{ फूट}$$



आ. २४. सपाट माथ्याच्या सांडव्याचे उदाहरण.

(५) बांधाच्या अपरप्रवाही (upstream) दिशेकडे काठा जवळ ही ही शीर्षहानी खालील प्रमाणे आहे—

$$Q = Ch^{3/2} = ३.०८७ (h - f)^{3/2}$$

$$\text{यावरून } f = h \left[1 - \left(\frac{C}{३.०८७} \right)^{2/3} \right]$$

$$h = ७ \text{ व } C = २.९ \text{ असतांना}$$

$$f = ०.२९ \text{ फूट येते.}$$

(६) जलाशयातील पाण्याच्या पृष्ठभागाची पातळी १०० आहे असे धरले आणि सर्व प्रकारच्या हानीकडे दुर्लक्ष केले असता सांडव्यातील ऊर्जा प्रवणतेची उंची (elevation) $१०० - f = १००.०० - ०.२९ = ९९.७१$ इतकी येते. ही पातळी आ. २४ मध्ये आलेखित केली आहे.

(७) येथे आपला सपाट बांध्याच्या बांधामध्ये अंतर्भूत असलेल्या प्रवाहांच्या तत्वाशी संबंध आहे. परंतु, ज्याअर्थी सांडव्याचा परीघ मध्यरेषेकडे एकसारखा कमी होतो आहे आणि ज्याअर्थी तीच तत्वे लागू असणे अवश्य आहे त्या अर्थी विश्रवा तळमुळा मध्यरेषेकडे झुकला पाहिजे. R_1 ही कुठलीही एक विज्या असतांना तळाची पातळी जर हवी असेल तर ऊर्जा प्रवणतातून d इतके अंतर अनुप्रवाही वाजूकडे पुढीलप्रमाणे मोजावे.

$$d = (h - f) \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^{3/2}$$

$$\text{जर } R_1 = ५०, d = (७ - ०.३) \left(\frac{८०}{५०} \right)^{3/2} = ९.१६$$

आणि बांध्याच्या तळाची उंची $९९.७१ - ९.१६ = ९०.५५$ या पातळीवर असते. अशा तऱ्हेने बांध्याच्या तळाचे आलेखन करता येते.

(८) कुठल्याही जागेवरच्या पाण्याची खोली,

$$h_1 = \frac{2d}{3} \text{ या सूत्राने प्राप्त करता येते.}$$

जसे - जर $R_1 = ५०$ आणि $d = ९.१६$ असेल तर $h_1 ६.११$ असते आणि त्यावरून जलपृष्ठ आलेखित करता येते. माथ्यावरचा अधोवक्र (drop down curve) बांध्याच्या वरच्या टोकावाहेर $2h$ इतका लांबला आहे असे धरून स्थूल रेखाचित्र काढता येते. याप्रमाणे निश्चित केलेला सांडव्याचा बांध-छेद R_1 च्या कोणत्या तरी मर्यादित मूल्यावरहूकूम पुरा केला पाहिजे आणि अनिवार्यपणे पडेल अशा फवाऱ्यासारखा पडू दिला पाहिजे. एकाद्या विशिष्ट प्रमेयाकरिता R_1 चे मर्यादितमूल्य निश्चित करणे अवघड असते. पूर्वी खुलासा केल्याप्रमाणे काँच शक्यतितका उंच करावा अशी इच्छा असते आणि याकरिता R_1 चे मूल्य कमी असावे लागते. उलटपक्षी काँचच्या जवळची उभी रेषा आणि फवाऱ्याच्या (वेट) वरचे पृष्ठ यांच्यामधील कोन θ , जास्त असता कामा नये. कारण जेव्हा फवारे एकमेकाजवळ येतात तेव्हा त्यांची परिणती अतिशय क्षोभनिर्मितीत होते. जेथे वेगाचा उभा घटक उपेक्षितल्या-मुळे परिणामी क्षुल्लक चूक होईल अशा ठिकाणी (बांध्याच्या) छेदाचा शेवट

स्थापित केला जातो आणि तेथे अनिर्वध पतन होणारा विभाग आडवा असतो असे मानण्यास हरकत नसते.

डेव्हिस त्रिजच्या सांडव्याकरिता R_1 चे मर्यादित मूल्य ४१.७५ फूट धरण्यात आले होते आणि तेच या उदाहरणात वापरण्यात येईल. ७ व्या बाबीच्या समीकरणावरून बांधाच्या तळाची उंची d ऊर्जा प्रवणाच्या खाली १०.३२ फूट असताना पाण्याची खोली h_1 अधःपतनाची उपेक्षा करून, (यावद्दल नंतर खुलासा करण्यात येईल) ६.८९ आली तर पाण्याचा पृष्ठभाग $d-h_1 = ३.४३$ फूट ऊर्जा प्रवणाच्या खाली येतो आणि हेनंतर वेगशीर्ष बनते.

असे अधःपतन वक्र विचारात न घेतले तर त्या टिकाणच्या जल तंतूच्या सरासरी ढाळाची स्पर्शरेषा S ही ०.१ असते. म्हणून उदग्र वेग S हा क्षैतिज वेगाच्या ०.१ पट असतो आणि उदग्र वेगशीर्ष अंदाजे $S^2(d-h_1) = ०.०१ \times ३.४३ = ०.०३४३$ इतके येते. हें उपेक्षितें तरी प्रमेयांत फारशी चूक येत नाही.

(९) आ. २४ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे बांधाच्याच्या छेदाचा अंगीकृत तळ x आणि y या निर्देशाकांची सुरवात आहे असे धरून Kurtz^{१०} यानें असे सिद्ध केले आहे की, खालील सूत्रावरून अनिर्वधपणे पतन होणाऱ्या झोताची मध्य रेषा प्राप्त करता येते. परंतु ड्यू पॉट आणि कॅप आणि हो^{११} यांनी असे दाखविले आहे की सैद्धान्तिकरीत्या दर्शित केल्यापेक्षा ही झोताची मध्यरेषा काहीशी जास्त खडी असण्याचा संभव असतो. म्हणून हें सूत्र म्हणजे एक केवळ जुळणारा अंदाज असे समजले पाहिजे आणि पुढील शिफारशीप्रमाणे चाचणी घेऊन ते तपासले पाहिजे.

$$y + ०.३६h_1 = \frac{(x + ०.३६h_1)^2}{४.५६h_1}$$

येथे h_1 ही आठव्या बाबीत निश्चित केलेली, बांधाच्या छेदाच्या अंगीकृत टोकाशी असलेली पाण्याची खोली असते. (अधःपतन वक्राची उपेक्षा करून) पूर्वनिश्चित केल्याप्रमाणे, $x=२०$ फूट आणि $h_1=६.८९$ धरून या सूत्रानें $y=१३.५९$ मिळतो.

तळटीप १० उधृत केलेल्या ग्रंथातील.

११ उधृत केलेल्या ग्रंथातील.

(१०) मध्यरेषेच्या कुठल्याही बिंदूपाशी झोताची जाडी कुठेसुद्धा खालील-प्रमाणे दिली आहे.

$$t = \frac{Q}{2\pi R_1 \sqrt{2g(y + 1.5h_1)}}$$

झोताच्या मध्यरेषेच्या काटकोनात काँच प्राप्त होईपर्यंत तिच्या प्रत्येक बाजूस ही जाडी अर्धी अर्धी रेखित केली जाते.

$$x=20, \quad R_1=41.65-20=21.65$$

$y=13.49, \quad h_1=6.89$ असता तेव्हा वरील सूत्रावरून $t=5.04$ प्राप्त होतो. साधारण डोळ्यांनी अधःपतन वक्र अदमासाने जुळविले जाते.

(११) आतापर्यंत आपण घर्षणाचे परिणाम विचारात घेतले नव्हते. याला फक्त अपवाद बाब ५ मधील प्रवेश स्थानाजवळील f ही हानी होती. जलविषयक वैशिष्ट्यांचे विश्लेषण केले असता दिसून येईल की, या बांधाच्या छेदाचे बाबतीत घर्षणहानी अदमासे ०.०२ होती. आणि अनिर्वध पतन-छेदाकरिता (free-falling section) या उदाहरणात ती १.०४ फूट होती. म्हणजे एकूण १.०६ फूट होती. प्रमेयात जी अचूकता लागते तिच्या सीमेच्या बरीच आत ही (हानी) असल्याने झोताचा आकार निश्चित करतांना ती विचारात न घेतली तरी चालते. सांडव्याच्या उरलेल्या भागाकरिता मात्र ही हानी आणि नंतरची घर्षणहानी विचारात घेयात यावी.

(१२) काँचच्या खालील कोणत्याही बिंदूपाशी खडचा कूपाचा आकार खालील प्रमाणे निश्चित करण्यात येतो.

अनिर्वधित पतन होणाऱ्या परबलयिक (parabolic) मध्यरेषेच्या शीर्षापाशी उदग्र वेग शून्य असतो आणि यासंबंधीचे सूत्र बाब ९ मध्ये दिले आहे. या सूत्रावरून असे दिसून येते की जेथे $y = -0.36h_1$ असतो, तेथे हे शीर्ष असते. म्हणून एकूण उदग्र वेगशीर्ष $y + 0.36h_1$ असते. मूळ उदग्र शीर्ष

$$h_v = y + 0.36h_1 - f_1 - f_2$$

असते. येथे f_1 व f_2 म्हणजे अनुक्रमे काँचपासून माध्यापर्यंतच्या आणि काँचपासून प्रश्नाधित बिंदूपर्यंतच्या घर्षणहानी आहेत.

म्हणून काँचच्या खालची उभ्या कूपाची लागणारी त्रिज्या खालीलप्रमाणे निश्चित केली जाते.

वेग $v = \sqrt{2g(y + 0.36h_1 - f_1 - f_2)}$. छेदाचे क्षेत्रफळ $A = \pi R_1^2$, तसेच $Q = A_v$ यावरून

$$R_1 = \sqrt{\frac{Q}{\pi \sqrt{2g(y + 0.36h_1 - f_1 - f_2)}}}$$

कोंचच्या मोजलेल्या $y = 42.00$ या पातळी करता, आणि पूर्वी निर्देशित केल्याप्रमाणे $f_1 = 1.06$ आणि $f_2 = 0$ ठेवून आपल्याला असे आढळून येईल की $R_1 = 12.96$ आहे.

अनिर्बंधित पतन होत असलेल्या टिवांकित आणि रेखांकित जोताच्या परिगणित मापापेक्षा ही त्रिज्या थोडीशी मोठी असल्याचे दिसून येते. कारण दुसऱ्या बाबतीत घर्षण विचारांत घेतलेले नव्हते. म्हणून आकृतीत भरीव रेपेने दाखविल्याप्रमाणे अनिर्बंध पडणाऱ्या जोताची अंडरनेप् डोळ्यांनी समायोजित करण्यात येते.

कोंचच्या जवळ उदय वेगशीर्षाचा काही भाग नाहीसा होतो असे कधीकधी मानले जाते. हे लक्षात ठेवावे. कुटंझने $0.36h_1 = 0.36 \times 0.29 = 2.48$ फूट (शीर्ष) नाहीसे झाले असे मनमानी गृहीत धरले आहे. लेखकाला माघ उदय वेगशीर्षाची (वर उल्लेखिलेल्या केवळ त्वचाघर्षणाखेरीज इतर) कोणतीही हानी धरण्याची जरूरी वाटत नाही. कुटंझने धरलेली 2.48 फूट हानी वजा केल्यावर बरील परिगणित 12.96 फूट त्रिज्येऐवजी 12.92 फूट त्रिज्या प्राप्त होते.

$y = 42.0$ करता पूर्वी निर्देशिल्याप्रमाणे $f_1 = 1.06$ फूट आणि प्रयोग व प्रमाद पद्धतीने निश्चित केलेली $f_2 = 0.46$ फूट धरून $R_1 = 11.62$ आहे असे दिसून येते.

“प्रस्त्रावनलिका” या (आ) विभागात केलेल्या सविस्तर खुलाशाप्रमाणे नलिकेचा योग्य आकार प्राप्त होईपर्यंत याप्रमाणे खडचा कूपाचा आकार कमी होऊ शकतो.

(ई) कूपसांडव्याची प्रस्त्राव क्षमता—

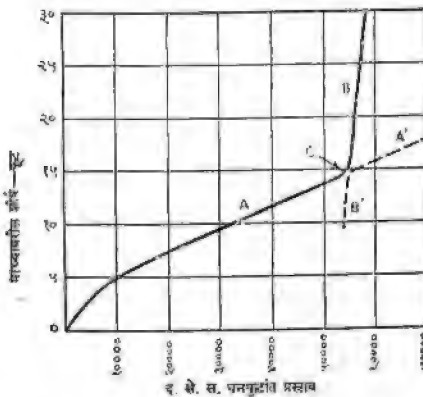
प्रतिमान चित्रांच्या सहाय्याने घेतलेल्या चाचणीवरून निश्चित केलेला किस्ले, नेब्र; धरणाच्या कूप सांडव्याचे कवलन वक्र, आ. २५ मध्ये दाखविले आहे. कूपातील पंचजलाचा अडथळा न आलेला असा AA' , हा वक्र, सांडव्याच्या माथ्याचा

कवलन वक्र आहे. मानक माथ्याच्या कुठल्याही सांध्या सांडव्याच्या धरणाच्या वक्रातून हा वक्र कोणत्याही प्रकारे भिन्न नाही.

वक्र BB' हा कूप आणि क्षैतिज नलिका यांचा कवकन-वक्र आहे. सांडव्याच्या माथ्यावरील शीर्षाच्या प्रमाणे कूप आणि क्षैतिज नलिकेवरील शीर्ष असल्याने जलाशयाच्या पृष्ठाच्या पातळीतील फरकामुळे क्षमतेमध्ये सापेक्षतेने फारच कमी फरक पडतो.

मुसारे ५४००० घ. फू. पर्यंत माथ्याचा कवलन वक्र लागू पडतो आणि अंदाजे दर से. ५४००० फुटांपेक्षावर कूप कवलन वक्र लागू होतो. C या बिंदूने दर्शविलेल्या गृहीत प्रस्त्रावापेक्षा जास्त प्रस्त्रावात या प्रकारच्या सांडव्यामध्ये राखीव क्षमता नसते अशी तक्ता करणयात आली आहे. उदा. माथ्यावर जास्तीत जास्त शीर्ष १५ फूट असते असे धरून धरणाच्या मुक्त बांधाची तरतूद जर केलेली असेल तर या मुक्त बांधाची उंची जरी ३ फुटांनी कमी केली तरी ५४००० वरून ५५२०० इतकी म्हणजे २ टक्के प्रस्त्रावात वाढ होते. या उलट मानक माथ्याच्या सांध्या सांडव्याची जर तरतूद केली तर या मुक्त बांधावरील ३ फूट अतिक्रमणामुळे ५४००० फुटावरून दर से. स. ६८००० घ. फू. पर्यंत २६ टक्के प्रमाणात प्रस्त्रावाची वाढ झाली असती.

परंतु हा दर्शनी दांप संकुचित प्रस्त्राव नालीमुळे निर्माण झालेला असतो आणि सांडव्याच्या प्रकाराशी त्याचा संबंध नसतो. कारण पार्श्वपात्री आणि इतर प्रकारच्या सांडव्यांना सुद्धा त्याच अवस्था लागू असतात. सामान्य



परिवाही खुज्या सांडव्यांच्या धरणांत सुद्धा कधी कधी पुच्छ जलाखाली माथा वुडला जातो आणि त्यामुळे अगदी तशीच प्रस्त्राव क्षमता निर्बन्धित होते. यावरून असे दिसून येते की निर्गमद्वाराच्या नालीचा आकार जर वाढविला तर हा क्षमतेतील अडथळा नाहीसा होतो. म्हणजेच जरा जास्त शीर्षाकरता आणि तदनुरूप जास्त क्षमता असलेला

आ. २५ किंग्ले धरणाचा कवलन वक्र—(जी. ई. बार्न्स, केस स्कूल ऑफ अप्लाइड सायन्स)

सांडवा आयोजित करावा.

(उ) माथ्यावरील स्तंभांचा परिणाम—

दरवाजे अगर चढाव पट्ट्या (Flash boards) ना आधार देण्यासाठी गोलाकार स्तंभांचा कूप सांडव्यामध्ये वारंवार उपयोग केला जातो आणि सोवतच्या आकृतीत ते दाखविले आहेत. सांडव्याच्या नाळक्यात सपिल प्रवाह निर्माण होऊ नये म्हणून ही स्तंभाची तरतूद करावी लागते. जेथे अशा तऱ्हेचे स्तंभ बांधलेले असतात तेथे त्यांचे माथ्यावरील प्रस्नाव-क्षमतेशी असलेले संबंध प्र. ११ अ. ३ वरून प्राप्त करता येतात.

सांडव्याच्या संकल्पचित्रावर अशा स्तंभांचा काय परिणाम होतो त्याचे सूक्ष्म-मापन करणे अवघड असते. म्हणून अंतिम संकल्पचित्र तयार करण्याकरिता प्रति-रूपावरून परीक्षण करण्याची जरूरी असते. पूर्वी उल्लेखिलेल्या पद्धतीचा अवलंब करणे प्रारंभिक संकल्पचित्र तयार करण्यासाठी पुरेसे असते. पण Q' या प्रस्नादाकरिता आयोजन खालील सूत्राने करावे.

$$Q' = Q \frac{l + nt}{l}$$

जेथे Q = पाहिजे असलेला प्रस्नाव.

l = स्तंभ सोडून लागणारी माथ्यांची लांबी

n = स्तंभांची संख्या

t = स्तंभांची जाडी अधिक आकुंचन.

(ऊ) प्रतिमान चाचणी—

प्रतिमान चित्रांच्या साहाय्याने चाचणी केल्याशिवाय संकल्पन करता येण्याइतका कूपाच्या सध्याच्या संकल्पन पद्धतीत शक्य असलेला बिनचूकपणा पुरेसा नसतो. योजलेल्या शीर्षाकरिताच नव्हे तर त्यापेक्षा कमी शीर्षांचे वेळी ओ ऋण दाब निर्माण होतो त्याचे स्थान आणि राशी निश्चित करण्याकरिता सुद्धा त्याची (चाचणी) करणे जरूर असते.

असे सुचवावेसे वाटते की मानक माथ्याच्या सांडव्याकरिता जरूर तर स्तंभांची तरतूद करून गोलाकार, धारदार माथ्याच्या वंधान्यावर प्रारंभिक चाचणी घेण्यात यावी (ड्यू पॉन्ट, पूर्वी उद्धृत केले). झोताचा आकार निश्चित झाल्यावर प्रतिमान चित्र पुरे करावे आणि अंतिम परीक्षण करण्यात यावे.

सापाट शीपांच्या सांडव्या करता, बांधांच्या विभागाचीच फक्त रचना करून (आ. १३) आणि अंडरनेपांच्या आकाराचे सापन करून प्रारंभिक चाचण्या करण्यात याव्या.

४ आपाती उत्प्लवमार्ग (सांडवा)

आणिवाणीकरिता तरतूद केलेला सांडवा इतक्या कमी वेळी वापरण्याची वेळ येते की त्याचे सांडवानियंत्रक व बांधकाम, पाया, अगर प्रस्त्रावनाली यांचे गंभीर नुकमानापामून संरक्षण करण्याची जरूरी नसते असे सर्व स्थापत्य विशारदांचे मत आहे. परंतु, अशा प्रकारच्या सांडव्यांच्या अधिक व्याख्येसंबंधी विचारांतील फरकांचे दोन दृष्टीकोन दिसून येतात.

या दोन दृष्टिकोनांची चर्चा करण्यापूर्वी असे गृहीत धरण्यांत यावे की प्र. ५ अ. ५० इ मध्ये निर्धारित केल्याप्रमाणे उत्प्लवी संकल्पित पूर, निःसारण क्षेत्राचा सखोल अभ्यास करून निश्चित केल्याप्रमाणे, धरणाच्या बांधकामाचे नुकसान न होता, सांडव्यावरून वाहून जातो. संकल्प चित्रकार कोणत्या प्रकारची काळजी घेणार आहेत हे माहित नसलेल्या अशा कार्यक्षम जलविज्ञानशास्त्रज्ञाकडून त्याचा अभ्यास करण्यात आला आहे. असे मानून आपण आपाती सांडव्याचे बाबतीत विचार करतांना अशा पुराच्या संभाव्य वारंवारतेची थोडीतरी किमान समज ठेवली पाहिजे. आपणाकडे यासंबंधी अगदी बरोबर अंदाज करण्याचे कोणतेही साधन नसले तरी हे मान्य करण्यात येते की अशा पुरांची, फार काय त्याच्या ६० अगर ८० टक्के पुराच्या संभाव्य वारंवारतेचे शेंकडोच काय पण हजारो वर्षांत मापन करण्यात आलेले नाही.

म्हणजेच जर अशी दुर्घटना आपणाला रोखता आली तर अशातऱ्हेचे ६० ते ८० टक्के पूर येण्याची संभाव्यता, काटकसरीकरिता विचार करण्याच्या दृष्टीने फार दूरची असते.

गहिल्या दृष्टिकोनाप्रमाणे आणीवाणीचा सांडवा उत्प्लवी संकल्पित पुरापेक्षा जास्त पूर आला असतांना साहाय्यकारी सांडवा म्हणून कामाला येतो आणि त्या विचारसरणीनुसार हा एक जादा सुरक्षाघटक असतो.

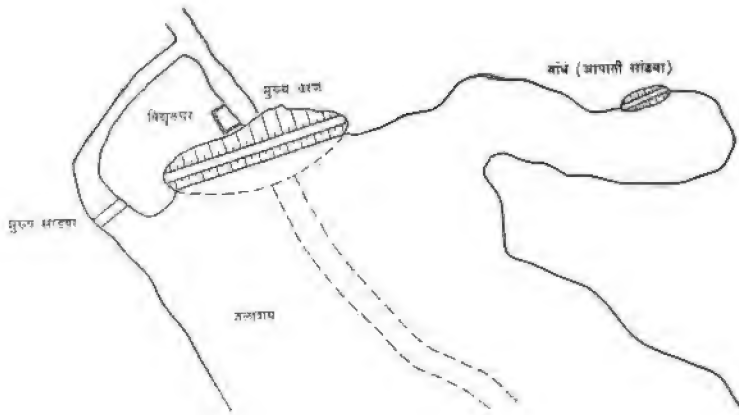
दुसऱ्या दृष्टिकोनाप्रमाणे जरी उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या ६० ते ८० टक्के पूर आला तरी या आणीवाणीच्या सांडव्याचा साहाय्यक सांडवा म्हणून उपयोग केला जातो.

जर पहिल्या दृष्टिकोनाप्रमाणे उत्प्लवी संकल्पित पुराचा अंदाज अपुरा आहे आणि दुसऱ्या दृष्टिकोनाप्रमाणे तो संपूर्णपणे पुरेसा आहे असे गृहीत धरले तर हे दोन्ही दृष्टिकोन एकमेकांशी जुळतील. मग या दोन्ही बाबतीत, कायम स्वरूपाचा सांडवा, योग्य पुराच्या काही टक्केच पूर सासावू शकेल आणि बाकीच्या पुराचे नियंत्रण आग्निबाणीच्या सांडव्यावरून करावे लागेल. म्हणजे कायमचा सांडवा फक्त ६० ते ८० टक्के पूर नियंत्रणासाठी बांधला जाईल आणि आग्निबाणीच्या सांडव्याची, त्याला बरीच हानी झाली तरी धरण सुरक्षित राहील असे धरून उरलेल्या पुराकरिता तरतूद करावी लागेल.

आग्निबाणीच्या सांडव्याच्या कार्यामुळे जी नुकसानी होता ती, नियंत्रण यंत्रणेच्या संपूर्ण नाशापासून ते सांडव्याचे बांधकाम आणि त्याचा पाया पूर्णपणे वाहून जाईल, इतकेच काय पण संपूर्ण जलाशय रिता होईल, उतकी, असू शकते. पण यावेळी प्रवाहाचा वेग इतका कमी असतो की धरण फुटल्याने त्याच्या अनुप्रवाही पुरापेक्षा हा पूरअगदीच किरकोळ असतो.

मिमिसिपी नदीतील आग्निबाणीकरता खोदलेल्या नालीची या आग्निबाणीच्या सांडव्याशी तुलना करता येईल. तेथे प्राकृतिक बांधाचा काही भाग मुद्दाम गिड्डा ठेवण्यात आला आहे. असा बांध तीव्र पण कमी नुकसान होईल अशा रीतीने व अशा ठिकाणी तोडण्यांत येतो. अशात-हंने मोठ्या सहाराच्या संरक्षणासाठी जी बांधाची रचना केलेली असते तेथील काही बांध फुटण्याचे टाळण्यात येते.

जलाशयाच्या काठावरील एकाद्या उथळ जलविभागाच्या जागी हा आग्निबाणीचा सांडवा अगदी सुलभपणे बांधता येतो. तेथील जलविभागाची पातळी जास्त सखल असल्याने एकादी सित त्या ठिकाणी बांधाची लागते. अशा सितीची पातळी मुख्य धरणांतोल पाणी वाहून जाण्याच्या आधी या भितीवरून ते पाणी वाहील अशी ठेवण्यात येते.



आ. २६

आ. २६ मध्ये अशा एका नमुनेदार सांडव्याचे आरेखन केले आहे. धरण मुरधित राहिले अशी पाण्याच्या कमाल पातळी इतकी वा लहान सितीची पातळी ठेवलेली आहे. सखल अशा जलविभागांतील स्थान वा भितीसाठी निश्चित केलेले आहे. धरणाचा माथा साहजिकच लाटांना सामावून घेईल इतका उंच आहे आणि पाण्याच्या पृष्ठभागांची उंची जर जास्त वाढली तर आधी भित वाहून जाईल.

जेथे जमिनीत बरबर खडक असेल व जेथे त्यांत झुकाव (dip) अगर पृष्ठावर अभिनति (surface syncline) असेल अशी आणिबाणीच्या सांडव्यासाठी आदर्श जागा असावी म्हणजे जरी ती भित आणि मातीचे आवरण धूपून गेले तरी खडकाच्या पृष्ठभागापुरतीच ती धूप मर्यादित राहिल आणि त्यावेळी सुरू होणारा प्रस्नाव धरणाच्या वचाव करण्यास पुरेसा असेल.

अशा वेळी आणिबाणीच्या सांडव्यावरील प्रवाहामुळे नदीपर्यंत खोदलेली प्रस्नावनाली धूपून जाण्याची शक्यता असते, विद्युत् पुच्छनाली (गाळाने) बरून जाते, आणि कधिकधी इतरही नुकसानी होण्याची शक्यता असते.

असे असले तरी, जेथे तळांत खडक नसतो व भित पडल्यामुळे जलाशय रिता होण्याइतकी पायांतून धूप होते अशा ठिकाणीही अशा प्रकारचे आणिबाणीचे सांडवे बांधण्यात येतात पण तेथील द्रव्य धूपून जाण्याची क्रिया तुलनेने सावकाश

होते आणि ज्यावर अशी भिंत बांधलेली असते ती जलविभाजक वराच रुंद असतो. यामुळे होणारे क्षरण मावकाश होते आणि खालच्या प्रदेशास धोका पोचत नाही.

आ. २६ मध्ये दाखविलेल्या आपाती सांडव्याच्या भिंतीचे लाटांच्या आघाता-
पासून योग्यप्रकारे संरक्षण केलेले आहे. जेथे हे शक्य नसते तेथे "तरंग रांध" (Breat waters) बांधून संरक्षण दिले पाहिजे आणि पाण्याच्या पृष्ठभागाच्या
ज्या उंचीवर ते पडेल ते उंची वारकाईने ठरविली पाहिजे.

भिंत बांधण्यास सखल जागा जलविभागांत आढळली नाही व जर तेथे नाही
खोदणे खर्चाचे होणार नसेल तर अशी नाही खोदून त्यात हा आपाती सांडवा
बांधता येतो. अशा वेळी पाण्याच्या उच्च पातळी खाली पुरेची खोल व जबर ती
क्षमता असलेली एक नाही खोदण्यात यावी. पूर्वी वर्णन केल्याप्रमाणे योग्य उंचीची
भिंत बांधून तिचे तोंड बंद करण्यात यावे. जेथील द्रव्य अतिक्षरणक्षम असते
अशा जागी एकाद्रा मार्गदर्शी (pilot) चर खोदणे शक्य असते आणि पुर येताच
जेथे भाग खोदला जातो. मात्र अशा ठिकाणी दोन्ही बाजूंच्या उतारावर घसरण
होणार नाही अशी काळजी घेतली पाहिजे. कारण (जर असे घसरण झाले तर)
पाण्याच्या प्रवाहाला अडथळा येईल व सांडवा निरूपयोगी होईल.

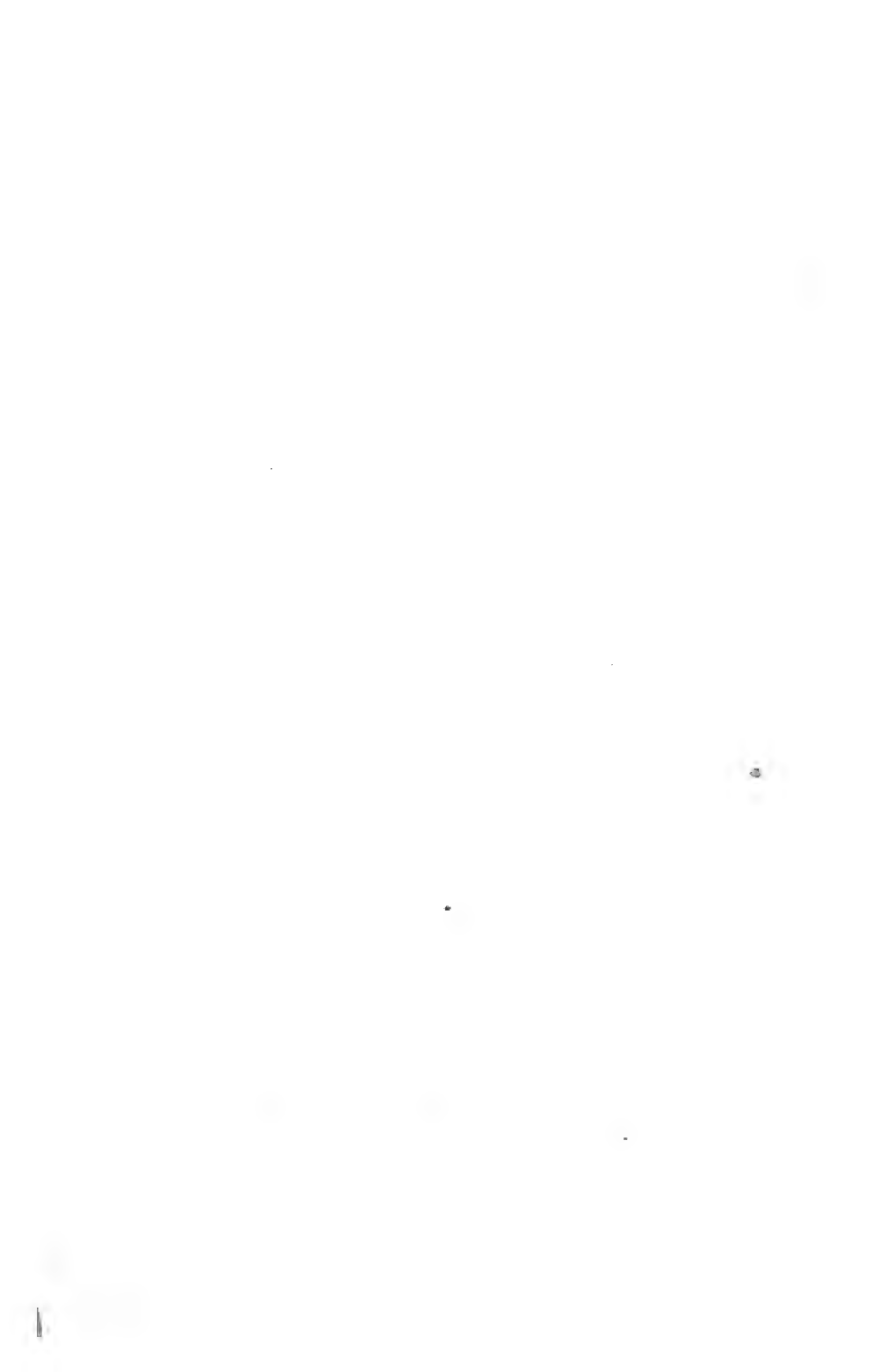
सामान्यतः आगिवाणीच्या सांडव्याचे कार्य आणि होणारे नुकमानीचे मान यांचा
परस्पर संबंध जोडण्यांत येतो. असे नुकमान क्वचितच होते पण ते झालेच तर
फार मोठ्या प्रमाणांत होऊ शकते. परंतु असे नुकमान तौलनिक दृष्ट्या टाळण्या-
करता, ज्या सांडव्यांत बरेच दरवाजे ठेविलेले असतात त्यांत फरक करून त्यांतील
काहींच्या जागी भिंती बांधण्यांत येतात; अशा भिंतीचा माथ्या धरणाच्या
माथ्याच्या खाली ठेविलेला असतो.

या भिंतीचा दुहेरी उपयोग होतो. पहिला म्हणजे जर निर्गमद्वारे उघडण्यांत
निष्काळजीपणा झाला तर पुराला वाट मिळते; दुसरा उपयोग, दरवाज्यांच्या
पेक्षा या भिंतीचा कमी खर्च येतो आणि काटकसरीच्या दृष्टीने त्या उपयोगांत
आगव्याची आणि त्यांच्या पुनर्भरणीची आवश्यकता नजिकच्या काळात भासत
नाही.

ज्या ठिकाणी अशा अनेक भिंती बांधण्यांत येतात त्या एकाच वेळी पडू नयेत
म्हणून त्यांची ऊंची निरनिराळी ठेवलेली असते. त्यांतील तत्त्व हे की एक किंवा

सोन भिती पडल्यावरी त्यामुळे पुर जाण्यास पुरेशी वाट तयार होते. अर्थातच पूर्वी दिलेल्या कारणांमुळे लाटांचा त्यावर आघात होऊ नये अशी तरतुद केलीच पाहिजे.

आणखी एक पर्याय असा की, दरवाजांच्या जागी 'स्टॉपलॉज' अगर 'चहाव-पट्ट्या' बसविणे. अशा ठिकाणी दरवाजांचे आधार काढता येतात. (पहा प्र. २४, आ. ४). सोडण्याच्या आणि बसविण्याच्या भागाच्या खालच्या बाजूच्या तालीत सुधारणा न करताही ह्या आणि प्रथमतः उल्लेख केलेल्या पर्यायाचा उपयोग करण्यात येता. पण त्यामुळे असा नांडवा जर वाहू लागला तर बरेच क्षरण होण्याची शक्यता असते.



— सूचि —

A

८	Aeroplane mapping	हवाई मानचित्रण, हवाई रेखाचित्रण
९	Aero projection	हवाई प्रक्षेपण पद्धति
१०७	Artesian	उत्सृत

B

११९	Baffter	अडथळा, अडसर
१२३	Basin	खोरे, क्षेत्र, द्रोणि, कुंड.
२५	Bit	बरसा
९७	Blanket	आवरण
५२	Bore	सूचिका
४६	Bore-drilling	सूचिका वेधन
४६	Boring	वेधन
११६	Bucket	दोणी, द्रोणि

C

१२८	Cavitation	निर्वातन
१४४	Chute (Spillway)	प्रवणिका (सांडवा)
२४	Churn cdrawing	मंथन वेधन
२७	Clay	चिकणमाली

(२)

५७	Colloidal	कलील
	Complex	संमिश्र
	Component Element	अंगभूत घटक
७०	Cut off	काटबांध, काटमार्ग

D

१२७	Deented	संतुर, दातेदार
	Derivation	व्युत्पत्ति
	Derivative	अधिकल्पना
	Design	संकल्पचित्र
४६-४७	Dimond drilling	हीरा वेधन
	Direct (Current)	एक दिक् (विद्युत्) प्रवाह
२०	Discharge (ele.) (water)	(विद्युत्) मोचन, (जल) प्रस्नाव
२५	Distortion	विकृती
२७	Drive Sample	चल नमूना

E

२०	Electric resistivity prospecting	विद्युत्प्रतिरोधकता पूर्वक्षण
	Neutral	तटस्थ समतोल
१५	Exploration	समन्वेषण
३९	Explosion wave method	विस्फोटन तरंगप्रवृत्ति

F

५५	Feeler	संश्लेषक
१०८	Filter	निस्यंदक
३२३	Flood Routing	पूरमार्ग निर्धारण
८५	Flow net	प्रवाह जाल
३२३	Free Bord	स्वतंत्रबांध

(૩)

G

૧	Ground control	મૂનિયંત્રણ, સ્થલ નિયંત્રણ
૨૬૦	Ground water	મૂજલ
૭૧	Gront	ગારા
૭૧	Gront Ingection	ગારા સૂચિકા ભરણ

H

૧૩૦	Hydraulic	દ્રવગતિ, દ્રવ ચલિત
	Hydraulics	દ્રવગતિ શાસ્ત્ર
૧૧૪ ૧૧૬	Hydraulic jump	ઝલોચ્છાલ
૧૩૮ ૧૩૯	Hydraulics	દ્રવગતિ શાસ્ત્ર
૧૩૮	Hydraulic model test	દ્રવચલિત પ્રતિરૂપ ચાંચળી
૮૧	Hydrostatic	ઝલસ્થૈતિક
૨૫૧ ૩૧૬	Hytograph	સમવૃષ્ટી લેખાચિત્ર

I

૨૫૪	Inertia	જડતા
૨૯૦	Infiltration inflow	અંતઃસરણ, અંતર્વાહ
૧,૨	Investigation	અન્વેષણ
૨૪૬	Isohyte	સમવૃષ્ટિ રેખા

J

૧૩૧	Jet deflector	ધારા વિક્ષેપક
-----	---------------	---------------

L

૧૪૧-૧૪૨	Laminer	સ્તરીય
	Line drilling	રેખા વેધન
૮૮	Line of creep	સર્પણ રેખા, વિસર્પણ પથ

(४)

M

Mechanics
११२, १३८ Model
९ Muttiplex

यांत्रिकी, बलविज्ञान
प्रतिकृति, प्रतिमान चित्र
बहुधारा, मल्टिप्लेक्स

N

१४०, १४१ Number-Froud

फ्राउड संख्यांक

O

Overburden

अधिभार

P

८३ Pile
९२ Piping
२४७ Precipitation
Prototype

स्थूणा
नीर क्रिया
अवक्षेपण
आदिरूप

Q

Quality control

गुणवत्ता नियंत्रण

R

२५९ Recession curve
२४ Rotary drilling
२४८, २५३ ३३९ Run off

अप्रबलता वक्र, पुच्छगति वक्र
परिभ्रामी वेधन
अपवाह

S

२५	Seismic	भूकंपीय
३७३	Shaft spillway	कुप सांडवा
३३८	Side channel Spill way	पार्श्वनालीचा सांडवा
१४०	Similitude	अनुरूपता
८४	Sliding	घसरण
९	Spatial	अवकाशिक
१२४, ३४४	Spillway	सांडवा,
११७	Stilling basin or pond	शमन कुंड
१८, १९, २३	Subsurface	अधःस्थल
	Superimpose	अध्यारोपित करणे
३३५	Surcharge	अधिभार
२६९, २४३	Synthetic	
	Syphon	समन्वयी बकनळी

T

११६	Tail water	पुढलजल
८	Topography	प्रदेशवर्णन
३०४	Transposed	स्थानांतरित करणे
१४१	Turbulent	विक्षुब्ध

U

१९, २१	Undisturbed	अक्षुब्ध
२६२, २९२	Unit Hydrograph	एकांकी जलालेख
१३६	Unit weight	एकक भार
९०	Uplift	उत्क्षेप
	Upstream	अपरप्रवाही
१२३, १२४	Upturned bucket	उदग्र डोणी

(६)

V

२३६ Variation coefficient

विचरण गुणांक

W

२३ Wash drilling

धारावेधन

२५ Well point

नलकूप